Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

Spektrum DER WISSENSCHAFT

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

März 3/2005
€ 6,50 / sFr 12,50

GEBOREN AUS TRÜMMERN

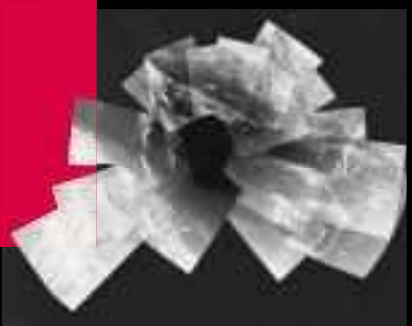
Wie der Mond entstand und wie sich sein Antlitz formte

STAUBSCHLEUDERN

Sternexplosionen erzeugen riesige Mengen Asche

LANDUNG AUF TITAN

Erste Eindrücke von einer fremden Welt



60463

03
4 196046 306506

Reinhard Breuer
Chefredakteur

Aller Anfang ist leicht

Zwei Änderungen haben wir in diesem Heft vorgenommen, die Ihnen als Einsteiger den Zugang in die praktische Himmelskunde erleichtern sollen. Einmal die neue Rubrik »Nahaufnahme«: Darin stellen wir Ihnen, jeweils passend zur Jahreszeit, ein leicht zu beobachtendes Sternbild vor. Diesmal ist es Leo – der Löwe, eines »der markantesten und attraktivsten Sternbilder« am Frühjahrshimmel, wie Tony Flanders meint (S. 36). Leo gehört neben 47 weiteren zu denjenigen Sternbildern, die schon vor zweitausend Jahren von den Griechen festgelegt und benannt wurden. Wer einen Feldstecher hat, kann sich mit dem »Hals« des Löwen ein Erfolgserlebnis gönnen: Seine sechs hellsten Sterne lassen sich damit blendend beobachten (siehe Feldstechertipp S. 40).

Neu sind ab diesem Heft auch unsere Sternkarten: Wir haben sie glatt verdoppelt! Auf der einen sehen Sie den Nachthimmel des Monats »in echt« ohne Sternbildlinien und Beschriftung; auf der anderen finden Sie alle Informationen noch einmal »schwarz auf weiß«. Wir glauben, dass Sie sich damit im Sterngewimmel leichter zurechtfinden (S. 42/43).

ANZEIGE

Auch unsere Hauptartikel sprechen diesmal vom scheinbar Offensichtlichen: vom Mond und den hellsten Sternen. Was kann man darüber wissen wollen? Schon unsere Altvorderen erkannten im Mond Züge eines menschlichen Antlitzes. Die wissenschaftliche Klärung dieser Oberflächenformationen führt rasch zur Urgeschichte des Erde-Mond-Systems. Wie entstand unser Trabant? Und was wäre, wenn es keinen Mond gäbe? Seit wenigen Wochen wird dieser von der europäischen Sonde Smart-1 umkreist – unter anderem auf der Suche nach Eis an den Mondpolen.

Unser Artikel über die hellsten Sterne entführt Sie in das Reich »der funkelnden Juwelen des Himmels«. Wussten Sie, dass die etwas merkwürdige Klassifizierung ihrer Helligkeit (»1. Größe«) auf den griechischen Astronomen Hipparchos zurückgeht? Insgesamt 23 Sterne sind in diesem »Einser-Klub« versammelt. Erst neuzeitliche Himmelsforscher des 19. Jahrhunderts präzisierten diese etwas unscharfe Einteilung, sodass nun ausgerechnet die besonders leuchtkräftigen Objekte (Sirius: –1,4) eine negative Zahl tragen. Für den Einser-Klub bedarf es nicht mal eines Feldstechers: Diese Sterne sieht man sogar beim Heimweg von der Kneipe – und kann sie dann kundig seinen Freunden erläutern (S. 30).

INHALT

▶ **Astro News** 8
Landung auf Titan, Ein Jahr Marsrover, Planetarische Nebel, Vulkane auf Quaoar, Deutscher Roboter auf der ISS u. a.

▶ **Geschundener Mond** 16
Warum gibt es den Mond, woher kommt er und warum hat er ein Gesicht?

▶ **Galaktischer Staub** 22
Die Milchstraße hat Unmengen davon. Astronomen haben Supernovae als Quelle im Verdacht

Superstars 30
Sie sind nicht nur außergewöhnlich leuchtstark, sondern auch wunderschön: die 23 hellsten Sterne am Firmament

SKYLINE

Nahaufnahme 36
Der Löwe, König des Tierreichs, ist auch am Sternhimmel eindrucksvoll

Deep Sky 38
Entdecken Sie fantastische Objekte im Sternbild Wasserschlange

Feldstechertipp 40
NGC 2903 im Sternbild Löwe

Sterntafel 42
Der Nachthimmel in der Übersicht

Planetarium 44
Sonne, Mond, Planeten und das Sternbild Zwillinge im März

Schauplatz Mond 46
Wie Mondkrater altern

SZENE

Porträt 48
Ein Student aus Deutschland als Radioastronom auf Kuba

Kippenhahns Sternstunde 52
Zum 150. Todestag von Carl-Friedrich Gauß

Unterwegs 54
Sternwarten in Sachsen

Nachgeschaut 56
Neuer Phönix am Nordhimmel

Staub im All 22

Er verwehrt den Blick auf die Zentren von Galaxien und sorgt für die eindrucksvollsten Fotomotive. Mit Submillimeterteleskopen sind Forscher seinem Ursprung auf der Spur

TITEL 16

ECKHARD SLAWIK; HINTERGRUND: ESO

Wie der Mond sein Gesicht bekam

Ein andauerndes Bombardement aus dem All prägte unseren Trabanten

Der Einser-Klub 30

Die hellsten Sterne am Himmel kann man sogar von beleuchteten Großstädten aus sehen. Schon deshalb lohnt es, sich mit ihnen zu befassen

ALAN DYER, NIGHT SKY

THE STAR ATLAS / JOHANNES HEVELIUS

Gut gebrüllt 36

Das Sternbild Löwe ist immer auf dem Sprung. Wir zeigen Ihnen, wie Sie es trotzdem mühelos finden

Titelbild Mond: Eckhard Slawik; Hintergrund: Michael Schlünder; Titanmosaik: Esa / Nasa / JPL / U. Arizona

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▶ gekennzeichnet

GROSSES FOTO: NOAO / AURA / NSF / WIYN; KLEINES FOTO: NIK SZYMANEK / JAC

48

ALEXANDER KARL

Fluch der Karibik

Kubanische Radioastronomen haben für die Modernisierung ihrer Geräte kaum Geld. Entsprechend alt ist die Technik, mit der sie arbeiten. Ein Student schildert seine Erlebnisse

Verkehrte Welt

Erscheint der Mond auch in Ihrem Teleskop seitenverkehrt oder auf dem Kopf? Wir verraten Ihnen, woran das liegt

64

CRAIG MICHAEL UTTER, NIGHT SKY

68

Preiswert und gut

Es muss keine teure Kamera sein. Auch mit günstigen Modellen gelingen Ihnen fantastische Astrofotos

ALAN DYER, NIGHT SKY

TIPPS&TOOLS

Glanzlichter 60
Die Schönheit des Weltalls in den besten Leser-Fotos des Monats

Einsteigerecke 64
Warum Teleskope die Welt nicht so zeigen, wie wir sie am Himmel sehen

Astrofotografie 68
Wer erstklassige Astroaufnahmen machen will, braucht nicht unbedingt eine teure Ausrüstung

Screenshot 74
Celestia – der kostenlose »Planetenreiseführer« im Test

Bücher 76
Der Astronom des Königs, Astro-Reiseführer u. a.

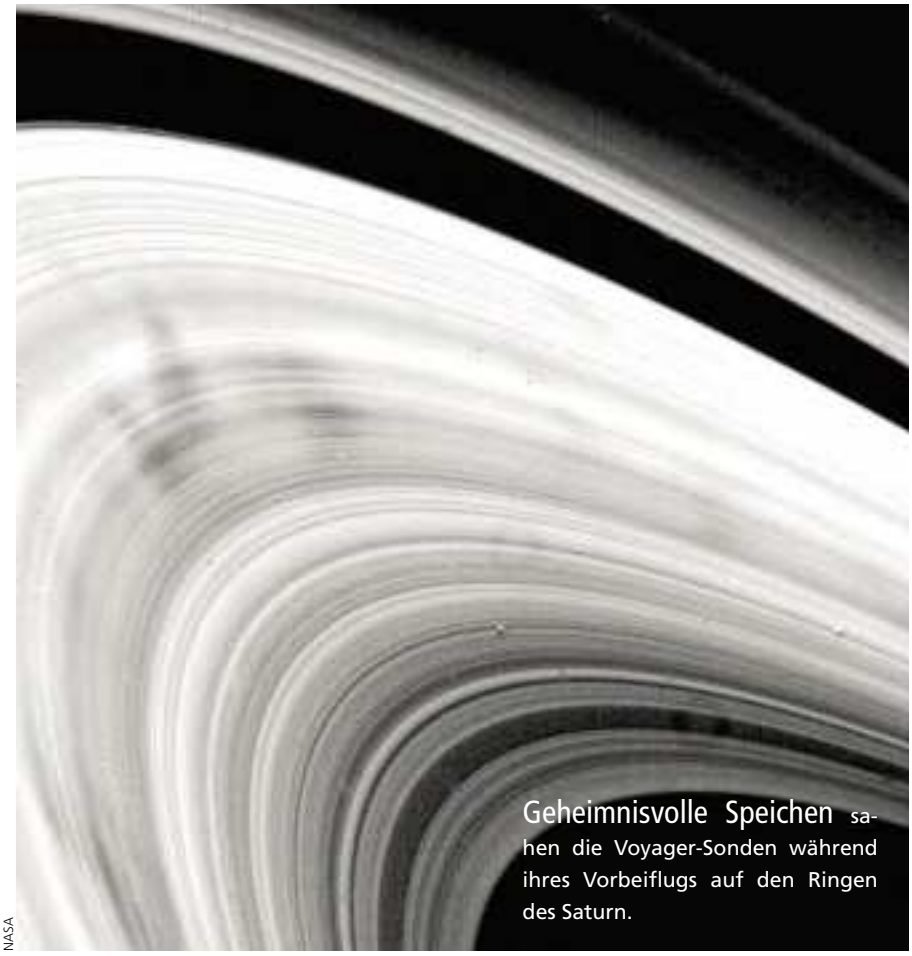
TV & Events 78
TV- und Veranstaltungstipps

Editorial 3

Leserbriefe/Leser fragen – Experten antworten 6

Preisrätsel/Kleinanzeigen 80

Vorschau/Impressum 82



Geheimnisvolle Speichen sahen die Voyager-Sonden während ihres Vorbeiflugs auf den Ringen des Saturn.

NASA

Speichen vermisst

»Saturn: Das Rätsel der Ringe«
AH 1-2/2005, S. 26

Beim Lesen des Artikels fiel mir auf, dass die so genannten Spokes (Speichen) nicht behandelt wurden. Da diese auf den Voyager-Aufnahmen sichtbar waren und meines Wissens sogar schon im letzten Jahrhundert mit irdischen Teleskopen beobachtet wurden, möchte ich wissen, ob diese Strukturen nicht mehr existieren oder vielleicht nur ein saturnjahreszeitlicher Effekt vorliegt! Bei allen Bildern der Cassini-Sonde, die ich bisher gesehen habe, vermisste ich die Spokes. Selbst auf den Rohdatenbilder der Homepage der Cassini-Huygenssonde wurde ich bisher trotz sorgfältiger Suche nicht fündig.

Dr. Hubert Otte, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Die von den Voyager-Sonden fotografierten Speichen des Saturnrings sind nur bei besonderen Bedingungen zu sehen. Dazu muss die Sonne unter einem bestimmten Winkel auf die Ringebene einstrahlen. Dies war bei der Cassini-Mission bisher nicht der Fall. Aber die Zeit wird noch kommen. Dann soll das Phänomen genauer unter die Lupe genommen werden.

Furchen auf Phobos

»Phobos auf Kollisionskurs?«
AH 1-2/2005, S. 14

In dem Bericht werden drei Längenangaben für den Marsmond gemacht, deren Mittelwert bei etwa 22,5 km liegt und somit der Umfang von Phobos bei etwa 68 km. Die »bis zu 700 Meter langen … Strukturen« scheinen mir dagegen bis zu einem Viertel des Umfangs des Marsmonds lang zu sein, was zu einer Länge von 14,5 km führt.

Dr. Kurt Kotten, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Wie unser Leser richtig bemerkte, kann die Angabe der Rillenlänge nicht stimmen. Tatsächlich zeigen die Aufnahmen der Marssonden, dass die Rillen vom größten Krater, Stickney, ausgehen, der einen Durchmesser von zehn Kilometern besitzt. Von ihm breiten sich die kilometerlangen, 100 bis 700 Meter breiten und bis zu 90 Meter tiefen parallelen Rinnen aus. Dieses merkwürdige Furchensystem ist vermutlich vor 3,4 Milliarden Jahren zusammen mit dem Krater Stickney entstanden.

Positionswinkel

»Aus eins mach zwei«
AH 1-2/2005, S. 42

Bei der dazugehörigen Tabelle ist eine Spalte mit Pos.-W. (Grad). Ich nehme an, dass damit der »Positionswinkel« gemeint ist. Ich habe versucht den Pos.-W. zu definieren, frage mich aber, wo die »0-Linie« zu finden ist und in welchem Bezug sie steht. Aber ich bin auf keinen Nenner gekommen.

Hubert Golde, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Die Definition des Positionswinkels wurde im ersten Teil des Artikels illustriert, was aus Platzgründen nicht wiederholt werden konnte. Der Positionswinkel wird zum schwächeren Stern von Norden (0°) über Osten (90°) und weiter gezählt.

Erratum

»Aus eins mach zwei«
AH 1-2/2005, S. 42

Die Spaltenüberschrift »Abst. (Bogenmin.)« in der Tabelle auf S. 43 sollte wohl »Abst. (Bogensek.)« heißen.

Berthold Fuchs, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
In der Tat ein ärgerlicher Patzer, denn im Fließtext ist korrekterweise nur von Bogensekunden die Rede.

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

Wie ist der Stand der 3-D-Studien unserer Milchstraße?

Roberto Bennung Corominas, Gießen

Zirka dreitausend Sterne kann man in einer sternklaren und dunklen Nacht am Firmament sehen. Dazwischen zieht sich das blass schimmernde Band der Milchstraße oder Galaxis hindurch. Bis zur Erfindung des Fernrohrs konnte über ihre wahre Natur nur spekuliert werden. Aber auch mit dem Blick durch das Teleskop gestaltete sich die Untersuchung der dreidimensionalen Struktur unserer Galaxie recht schwierig, weil wir uns in ihrem Innern befinden. Dichte Staubwolken lassen nur den Blick auf einen kleinen Bereich zu. Erst Beobachtungen im längerwelligen Infrarot- und Radiobereich des Spektrums gestatten weiter reichende Beobachtungen (siehe auch den Artikel auf S. 22). Viele Erkenntnisse beruhen auf Untersuchungen an anderen Galaxien.

Die Milchstraße besteht aus einer 3000 Lichtjahren dicken und etwa 100 000 Lichtjahren durchmessenden Scheibe, in der sich rund 100 Milliarden Sterne befinden, die das galaktische Zentrum auf nahezu kreisförmigen Bahnen umrunden (Artikel geplant für AH 5/2005). Unser Sonnensystem selbst liegt innerhalb dieser Scheibe und ist etwa 26 000 Lichtjahre vom Milchstraßenzentrum entfernt, das es mit etwa 200 Kilometer pro Sekunde umläuft.

Der kugelförmige Kernbereich der Galaxis misst annähernd 15 000 Lichtjahre im Durchmesser. Neueste Beobachtungen zeigen, dass es an zwei gegenüberliegenden Seiten balkenförmige Verlängerungen gibt.

An Zentralbereich und Balken setzen mindestens vier Spiralarme an (AH 7-8/2004, S. 8), die sich um das Zentrum winden. Die Gas- und Staubwolken dieser Arme konzentrieren sich in der Scheibenebene. Die Dicke dieser Staub- und Gaskomponente beträgt 200 Lichtjahre.

Zusätzlich ist die Galaxis in einem kugelförmigen Halo eingebettet mit weiteren 10 Milliarden Sterne und rund 200 Kugelsternhaufen. Diese laufen auf lang gestreckten Bahnen um das Zentrum. Aber auch die dort vorkommenden Gaswolken bewegen sich mit hohen Geschwindigkeiten von bis zu 400 Kilometer pro Sekunde. Ihre Herkunft liegt noch im Dunkeln. <<

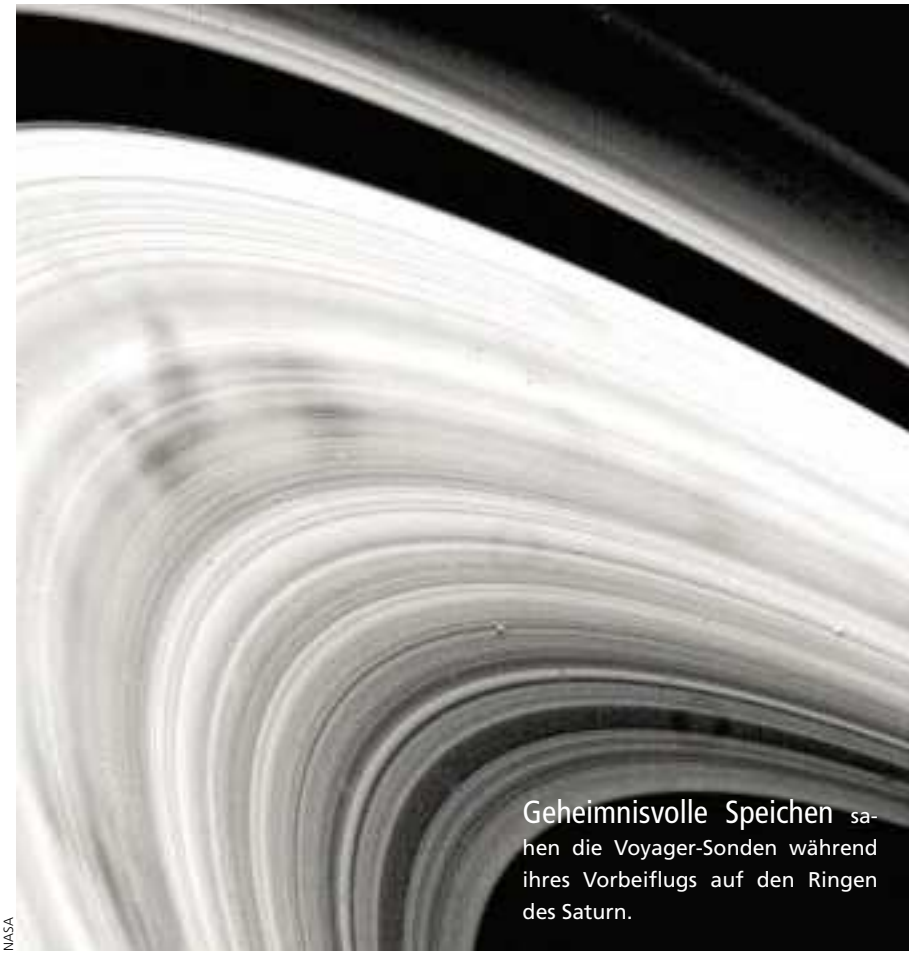
Hans Zekl ist Astrophysiker und freier Wissenschaftsjournalist.

ESO

Aus großer Entfernung dürfte unsere Galaxis ähnlich aussehen wie die Spiralgalaxie NGC 1232.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge vor.

ANZEIGE



Geheimnisvolle Speichen sahen die Voyager-Sonden während ihres Vorbeiflugs auf den Ringen des Saturn.

NASA

Speichen vermisst

»Saturn: Das Rätsel der Ringe«
AH 1-2/2005, S. 26

Beim Lesen des Artikels fiel mir auf, dass die so genannten Spokes (Speichen) nicht behandelt wurden. Da diese auf den Voyager-Aufnahmen sichtbar waren und meines Wissens sogar schon im letzten Jahrhundert mit irdischen Teleskopen beobachtet wurden, möchte ich wissen, ob diese Strukturen nicht mehr existieren oder vielleicht nur ein saturnjahreszeitlicher Effekt vorliegt! Bei allen Bildern der Cassini-Sonde, die ich bisher gesehen habe, vermisste ich die Spokes. Selbst auf den Rohdatenbilder der Homepage der Cassini-Huygenssonde wurde ich bisher trotz sorgfältiger Suche nicht fündig.

Dr. Hubert Otte, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Die von den Voyager-Sonden fotografierten Speichen des Saturnrings sind nur bei besonderen Bedingungen zu sehen. Dazu muss die Sonne unter einem bestimmten Winkel auf die Ringebene einstrahlen. Dies war bei der Cassini-Mission bisher nicht der Fall. Aber die Zeit wird noch kommen. Dann soll das Phänomen genauer unter die Lupe genommen werden.

Furchen auf Phobos

»Phobos auf Kollisionskurs?«
AH 1-2/2005, S. 14

In dem Bericht werden drei Längenangaben für den Marsmond gemacht, deren Mittelwert bei etwa 22,5 km liegt und somit der Umfang von Phobos bei etwa 68 km. Die »bis zu 700 Meter langen … Strukturen« scheinen mir dagegen bis zu einem Viertel des Umfangs des Marsmonds lang zu sein, was zu einer Länge von 14,5 km führt.

Dr. Kurt Kotten, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Wie unser Leser richtig bemerkte, kann die Angabe der Rillenlänge nicht stimmen. Tatsächlich zeigen die Aufnahmen der Marssonden, dass die Rillen vom größten Krater, Stickney, ausgehen, der einen Durchmesser von zehn Kilometern besitzt. Von ihm breiten sich die kilometerlangen, 100 bis 700 Meter breiten und bis zu 90 Meter tiefen parallelen Rinnen aus. Dieses merkwürdige Furchensystem ist vermutlich vor 3,4 Milliarden Jahren zusammen mit dem Krater Stickney entstanden.

Positionswinkel

»Aus eins mach zwei«
AH 1-2/2005, S. 42

Bei der dazugehörigen Tabelle ist eine Spalte mit Pos.-W. (Grad). Ich nehme an, dass damit der »Positionswinkel« gemeint ist. Ich habe versucht den Pos.-W. zu definieren, frage mich aber, wo die »0-Linie« zu finden ist und in welchem Bezug sie steht. Aber ich bin auf keinen Nenner gekommen.

Hubert Golde, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Die Definition des Positionswinkels wurde im ersten Teil des Artikels illustriert, was aus Platzgründen nicht wiederholt werden konnte. Der Positionswinkel wird zum schwächeren Stern von Norden (0°) über Osten (90°) und weiter gezählt.

Erratum

»Aus eins mach zwei«
AH 1-2/2005, S. 42

Die Spaltenüberschrift »Abst. (Bogenmin.)« in der Tabelle auf S. 43 sollte wohl »Abst. (Bogensek.)« heißen.

Berthold Fuchs, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
In der Tat ein ärgerlicher Patzer, denn im Fließtext ist korrekterweise nur von Bogensekunden die Rede.

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

Wie ist der Stand der 3-D-Studien unserer Milchstraße?

Roberto Bennung Corominas, Gießen

Zirka dreitausend Sterne kann man in einer sternklaren und dunklen Nacht am Firmament sehen. Dazwischen zieht sich das blass schimmernde Band der Milchstraße oder Galaxis hindurch. Bis zur Erfindung des Fernrohrs konnte über ihre wahre Natur nur spekuliert werden. Aber auch mit dem Blick durch das Teleskop gestaltete sich die Untersuchung der dreidimensionalen Struktur unserer Galaxie recht schwierig, weil wir uns in ihrem Innern befinden. Dichte Staubwolken lassen nur den Blick auf einen kleinen Bereich zu. Erst Beobachtungen im längerwelligen Infrarot- und Radiobereich des Spektrums gestatten weiter reichende Beobachtungen (siehe auch den Artikel auf S. 22). Viele Erkenntnisse beruhen auf Untersuchungen an anderen Galaxien.

Die Milchstraße besteht aus einer 3000 Lichtjahren dicken und etwa 100 000 Lichtjahren durchmessenden Scheibe, in der sich rund 100 Milliarden Sterne befinden, die das galaktische Zentrum auf nahezu kreisförmigen Bahnen umrunden (Artikel geplant für AH 5/2005). Unser Sonnensystem selbst liegt innerhalb dieser Scheibe und ist etwa 26 000 Lichtjahre vom Milchstraßenzentrum entfernt, das es mit etwa 200 Kilometer pro Sekunde umläuft.

Der kugelförmige Kernbereich der Galaxis misst annähernd 15 000 Lichtjahre im Durchmesser. Neueste Beobachtungen zeigen, dass es an zwei gegenüberliegenden Seiten balkenförmige Verlängerungen gibt.

An Zentralbereich und Balken setzen mindestens vier Spiralarme an (AH 7-8/2004, S. 8), die sich um das Zentrum winden. Die Gas- und Staubwolken dieser Arme konzentrieren sich in der Scheibenebene. Die Dicke dieser Staub- und Gaskomponente beträgt 200 Lichtjahre.

Zusätzlich ist die Galaxis in einem kugelförmigen Halo eingebettet mit weiteren 10 Milliarden Sterne und rund 200 Kugelsternhaufen. Diese laufen auf lang gestreckten Bahnen um das Zentrum. Aber auch die dort vorkommenden Gaswolken bewegen sich mit hohen Geschwindigkeiten von bis zu 400 Kilometer pro Sekunde. Ihre Herkunft liegt noch im Dunkeln. <<

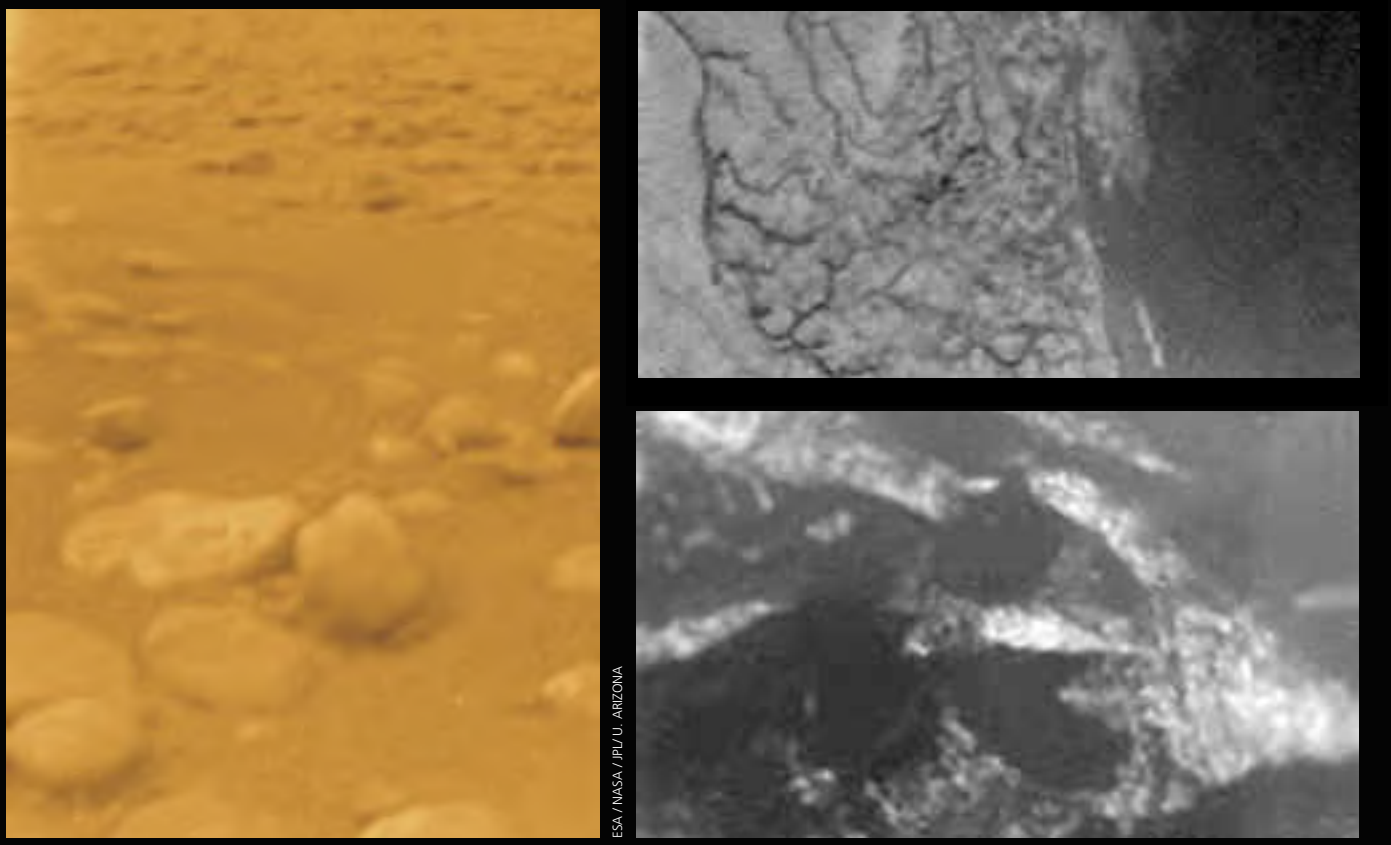
Hans Zekl ist Astrophysiker und freier Wissenschaftsjournalist.

ESO

Aus großer Entfernung dürfte unsere Galaxis ähnlich aussehen wie die Spiralgalaxie NGC 1232.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge vor.

ANZEIGE



ESA / NASA / JPL / U. ARIZONA

PLANETENFORSCHUNG

Der Count-down

Hoffen und Bangen: Die Huygens-Landung sorgte bei der Esa für große Aufregung. **>> Frank Schubert**

Nicht von dieser Welt **Noch am Abend des 14. Januar trafen die ersten Bilder von der Titanoberfläche ein. Sie zeigen Landschaften, die an irdische Flüsse (ganz oben rechts), Felsformationen (oben rechts) oder Geröllfelder (oben links) erinnern.**

Vierzehnter Januar 2005. Es ist der große Tag, auf den so viele so lange gewartet hatten. Sieben Jahre interplanetarer Flug und mehr als zehn Jahre Vorbereitungszeit – und nun, an diesem Tag, entscheidet sich innerhalb weniger Stunden, ob die Mission ein Riesenerfolg oder eine gigantische Enttäuschung wird. Gegen 10.00 Uhr mitteleuropäischer Zeit tritt die europäische Landesonde »Huygens« in die Atmosphäre des Saturnmonds Titan ein. Sie soll zirka zweieinhalb Stunden am Fallschirm zur Titanoberfläche hinabschweben, dabei zahlreiche Messungen machen und die Ergebnisse per Funk übermitteln. Ein Gelingen der Mission ist keineswegs garantiert: Was, wenn sich die Fallschirme – Genesis lässt grüßen – nicht öffnen ? Was, wenn der Kontakt zur Sonde verloren geht, wie bei Beagle 2?

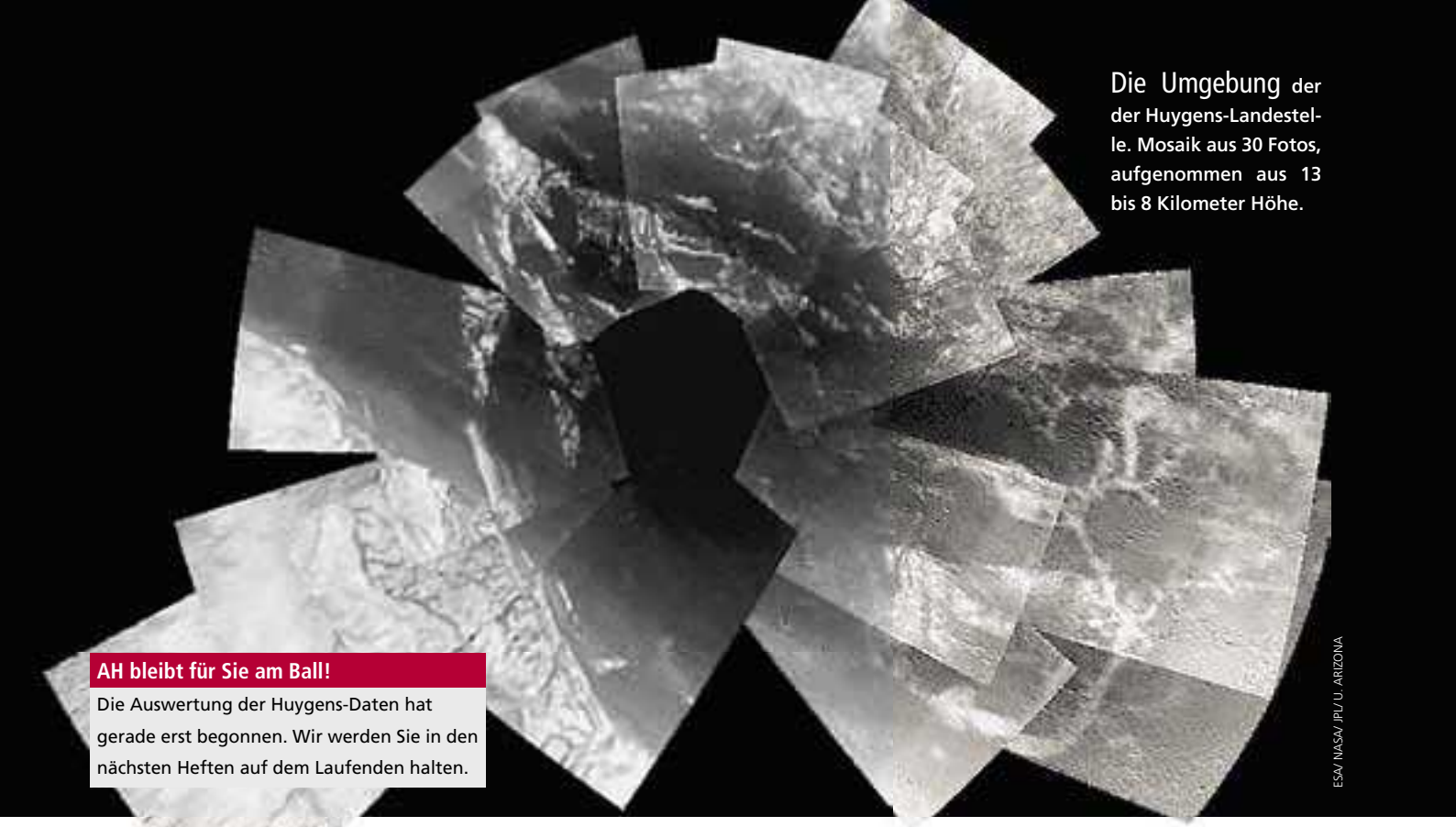
9.30 Uhr, Esa-Kontrollzentrum in Darmstadt. Am Empfang drängen sich Wissenschaftler, Fernsehteams, Zeitungsreporter und sonstige Besucher – über 300 geladene Gäste. Freie Parkplätze gibt es längst nicht mehr. Die Esa berichtet in einem großen Veranstaltungssaal über den aktuellen Status der Mission.

Lange Leitung

»Wir haben einen aufregenden Tag vor uns«, begrüßt Esa-Direktor Gaele Winters um 10.00 Uhr die Gäste. Etwa zu diesem Zeitpunkt erreicht Huygens die obere Titanatmosphäre. Die Wissenschaftler auf der Erde können den Landeanflug aber nur mit großer Zeitverzögerung verfolgen: Wegen der riesigen Entfernung zum Saturnsystem (etwa 1,2 Milliarden Kilometer) sind die von der Sonde gesendeten Radiosignale von dort bis hierher mehr als eine Stunde unterwegs. Überdies schickt Huygens die Signale nicht direkt zur Erde, sondern erst einmal zum Nasa-Orbiter »Cassini«, der sich auf einer Umlaufbahn um Saturn befindet und als Relaisstation für Huygens dient. Cassini wird, vom Beginn des Landeanflugs gerechnet, viereinhalb Stunden lang lauschen, was Huygens an Messdaten mitzuteilen hat, und diese aufzeichnen. Anschließend wird sich Cassini in Richtung Erde drehen und schließlich gegen 15.00 Uhr mitteleuropäischer Zeit damit beginnen, die gesammelten Daten zur Erde zu funken.

10.40 Uhr. Jean-Pierre Lebreton, Leiter der Huygens-Mission (siehe Porträt AH 7-8/2004, S.60), meldet sich live vom Hauptkontrollzentrum. »Ich sehe dem heutigen Tag erwartungsvoll entgegen«, spricht er in die Kamera; die Anspannung steht ihm deutlich ins Gesicht geschrieben. Um die Zeit zu überbrücken, werden dem Publikum Bilder vom Saturn gezeigt, die der Cassini-Orbiter aufgenommen hat.

11.00 Uhr. Katya Adler, Moderatorin der Veranstaltung, schaut plötzlich auf die Uhr: »Jetzt befindet sich Huygens mitten im Sinkflug.« Ein seltsames Gefühl: Es passiert in diesem Moment – aber es gibt keine Möglichkeit herauszu-



Die Umgebung der der Huygens-Landestelle. Mosaik aus 30 Fotos, aufgenommen aus 13 bis 8 Kilometer Höhe.

ESA/ NASA/ JPL/ U. ARIZONA

AH bleibt für Sie am Ball!

Die Auswertung der Huygens-Daten hat gerade erst begonnen. Wir werden Sie in den nächsten Heften auf dem Laufenden halten.

finden, ob es gut oder schlecht läuft. Die Huygens-Sonde könnte gerade dabei sein zu verglühen, hier auf der Erde würde sich das frühestens in einer Stunde bemerkbar machen.

Aus dem Kontrollzentrum meldet sich Claudio Sollazzo, Esa-Verantwortlicher für den laufenden Betrieb der Huygens-Mission. Er erklärt, dass Huygens in der Titanatmosphäre von drei Fallschirmen abgebremst werden soll, die sich nacheinander öffnen. Adler fragt: »Wie können Sie sicher sein, dass die Fallschirme funktionieren – schließlich befinden sie sich seit über sieben Jahren zusammengefaltet in der Sonde?« Sollazzo entgegnet etwas nervös: »Wir haben unzählige Tests durchgeführt und mit größter Sorgfalt gearbeitet. Das System ist so gut, es muss und wird funktionieren!«

11.40 Uhr – es gibt aufregende Neuigkeiten. Irdische Radioteleskope haben das Trägersignal von Huygens aufgefangen, eine Funkverbindung zu Cassini, über die die Landesonde Messdaten überträgt. Großer Jubel im Saal! Auf dem Bildschirm frohlockt ein sichtbar erleichterter Lebreton: »Es ist, als würde man ein Baby schreiben hören!« Die Aufzeichnung des Signals auf der Erde ist ein ungeheurer technischer Erfolg, denn Huygens funkt in 1,2 Milliarden Kilometer Entfernung lediglich mit der Sendeleistung eines Handys. Wenig später gibt es noch eine gute Nachricht: Die Fallschirme haben sich offenbar wie geplant geöffnet.

13.30 Uhr. Die Projektleiter teilen einen Zwischenstatus der Mission mit. Die Existenz des Trägersignals ist ein Zeichen dafür, dass die Sonde funktioniert und ihren Landeanflug wie vorgesehen fortführt. Lebreton verbreitet Optimismus: »Wir können derzeit davon ausgehen, dass eines der Experimente, nämlich das Doppler-Wind-Experiment, läuft. Glückwunsch an die Kollegen!« Sollazo ist vorsichtig: »Erst nach 17 Uhr werden wir genauer wissen, wie die Landung und die wissenschaftliche Datenübertragung funktioniert haben.«

Knisternde Spannung

17.15 Uhr. Die ersten Daten von Cassini müssten jetzt auf der Erde eingetroffen sein. Eine große Pressekonferenz ist anberaumt, die den aktuellen Stand der Mission wiedergeben soll. Das Publikum kann sie kaum erwarten. Was werden die Wissenschaftler mitzuteilen haben? Läuft alles wie erhofft oder herrscht Funkstille?

17.30 Uhr. Das Missionsteam und Bundesbildungsministerin Bulmahn betreten den Raum. Jean-Jacques Dordain, Generaldirektor der Esa, geht ans Mikrofon und verkündet: »Meine sehr geehrten Damen und Herren, der Morgen des heutigen Tages war gut – aber der Nachmittag ist noch besser. Wir wissen jetzt: Der Landeanflug war erfolgreich.« Donnernder Beifall. Irdische Radioteleskope hätten bis mindestens 15.52 Uhr ein Signal von Huygens empfangen, also ungefähr zwei Stunden nach dem Aufsetzen auf der Oberfläche! Alle Redner sprechen von einem »fantastischen Erfolg« – zu Recht, denn selbst optimistische Prognosen hatten nicht mit so einem guten Ergebnis gerechnet.

Allerdings scheint es ein Problem bei der Datenübertragung gegeben zu haben. Huygens sendet auf zwei Kanälen und einer davon hat offenbar nicht funktioniert. Sollazzo erklärt, dass dies jedoch keine allzu großen Einschränkungen für den wissenschaftlichen Datenstrom nach sich zöge: Die meisten Datenpakete würden auch bei Ausfall eines Kanals verlustfrei übertragen.

20.55 Uhr. Esa-TV, der Fernsehsender der europäischen Weltraumorganisation, strahlt das erste von Huygens gesendete Bild aus. Es zeigt die Titanoberfläche aus 16 Kilometer Höhe und lässt Landschaftsstrukturen erkennen, die an Flüsse oder Gebirgsbäche erinnern. Der Schleier um den geheimnisvollen Saturnmond ist gelüftet. Die Huygens-Mission geht mit dem ersten erfolgreichen Landemanöver auf einem Himmelskörper des äußeren Sonnensystems in die Geschichte ein. <<

CASSINI

Merkwürdiger Japetus

Der Saturnmond Japetus verwirrt die Forscher mit ungewöhnlichen Strukturen auf seiner Oberfläche. So ist auf den Bildern der Raumsonde Cassini ein hoher Gebirgszug zu erkennen, der über 1300 Kilometer beinahe genau dem Äquator folgt. Mit einer Höhe von bis zu zwanzig Kilometern sind seine Gipfel dreimal so hoch wie der Mount Everest – obschon der Mond nur einen Durchmesser von rund 1400 Kilometern hat.

Etwas mehr Licht brachten die Aufnahmen des Fly-bys vom 1. Januar 2005 in die ungewöhnliche Zweifarbigkeit des Japetus, dessen eine Seite pechschwarz ist, während die andere so viel Licht reflektiert wie frisch gefallener Schnee. Die Forscher der Mission konnten nun auf der hellen Oberfläche dunkle Streifen erkennen – ganz so, als sei das schwarze Material nachträglich auf den fast weißen Mond gefallen. Da die Krater in dieser Region polwärts weiße und äquatorwärts dunkle Hänge haben, könnte es sich aus den Äquatorregionen über den Mond ausgebreitet haben. Woher die Substanz stammt, ist nach wie vor ungewiss.

Die nächste Annäherung von Cassini wird im September 2007 erfolgen. Die Auflösung der Bilder wird dann hundertmal höher sein als die der jetzt ausgewerteten.

Um die Hüften fülliger Der Saturnmond Japetus ist entlang seinem Äquator von einem riesigen Gebirgszug umgeben.

CICLOPS / SPACE SCIENCE INSTITUTE

ASTRONOMIE

Bizarre Schönheit dank Magnetfeld

Das spektakuläre Aussehen Planetarischer Nebel ist das Ergebnis von Magnetfeldern. Dies konnte eine Arbeitsgruppe um Stefan Jordan von der Universität Heidelberg nachweisen. Schon lange rätseln Forscher, warum diese expandierenden Gashüllen, die sonnenähnliche Sterne am Ende ihres Lebens abstoßen, nicht kugelförmig sind, sondern elliptische oder bipolare Formen annehmen.

Dabei standen immer auch die Magnetfelder des vergangenen Sterns im Verdacht, für die Ausprägung der Nebel verantwortlich zu sein. Mit Hilfe des Very Large Telescope der Europäischen Südsternwarte in der chilenischen Atacamawüste konnten Jordan und seine Mitarbeiter diese nun nachweisen, indem sie die Polarisierung des Lichts von vier Zentralsternen maßen. Aus den Daten vermochten sie auf Feldstärken von rund 0,1 Tesla zu schließen, die für die Ausbildung bipolarer Strukturen ausreichend hoch sind. Zum Vergleich: Das irdische Magnetfeld hat im Mittel eine Stärke von 40 Mikrotesla.

Warum sind Planetarische Nebel nicht kugelrund? Für ihr bizarres Aussehen sind offenbar Magnetfelder verantwortlich.

ESO

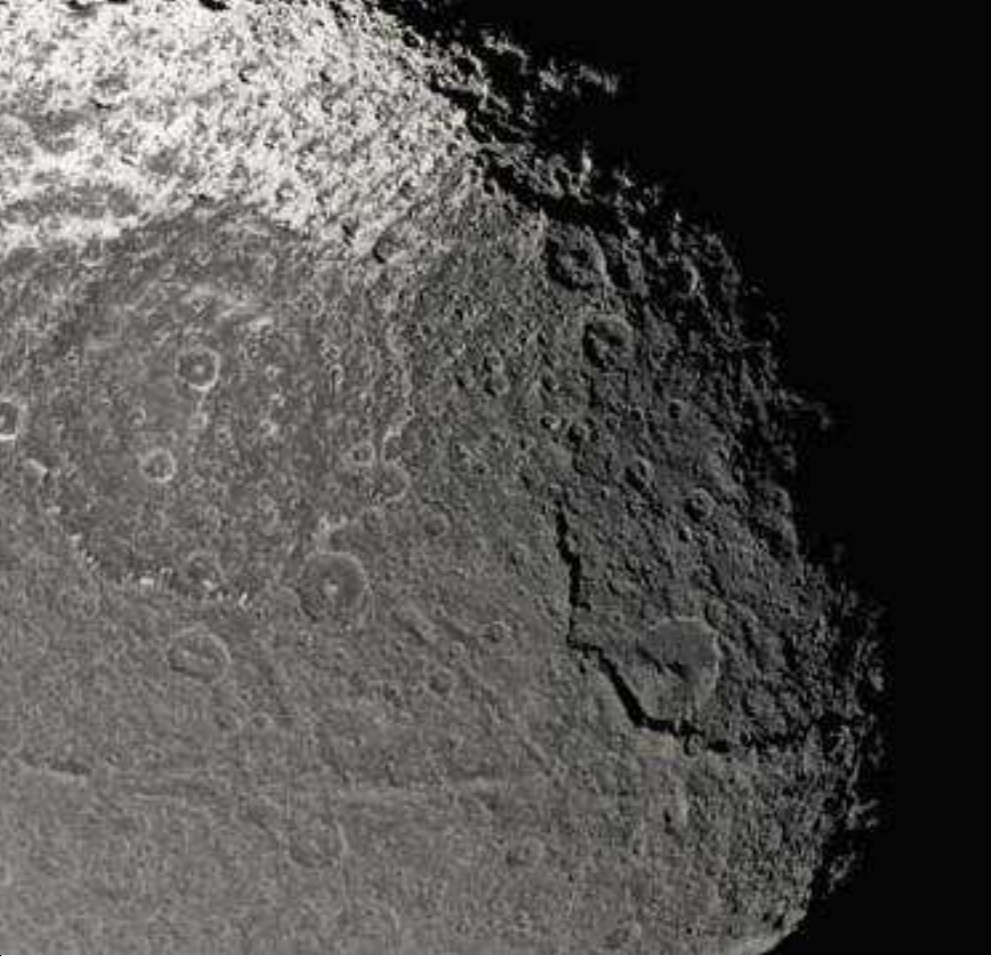
DEEP IMPACT

Bilderbuchstart

Mittwoch, 12. Januar: Pünktlich um 19.47 Uhr deutscher Zeit hat die Nasa vom Weltraumzentrum Cape Canaveral aus die Raumsonde »Deep Impact« gestartet. Sie soll am 4. Juli den gut 130 Millionen Kilometer entfernten Kometen Tempel 1 erreichen und ein 370 Kilogramm schweres Projektil aus Kupfer in den Himmelskörper schießen. Der »Impactor« soll mit einer Geschwindigkeit von mehr als 37 000 Kilometer pro Stunde auf den sechs Kilometer großen Kometenkern treffen und einen fußballstadiongroßen Krater hineinreißen. Die Kollision dürfte mit dem bloßen Auge zu sehen sein.

»Deep Impact« wird Fotos des Einschlags zur Erde senden und die herausfliegenden Trümmer analysieren. Die Wissenschaftler erhoffen sich davon Aufschlüsse über die Entstehung des Sonnensystems vor rund 4,5 Milliarden Jahren.

Die Nasa investierte in die Entwicklung von »Deep Impact« sechs Jahre Arbeit und insgesamt 330 Millionen Dollar.



SCHWERELOSIGKEIT

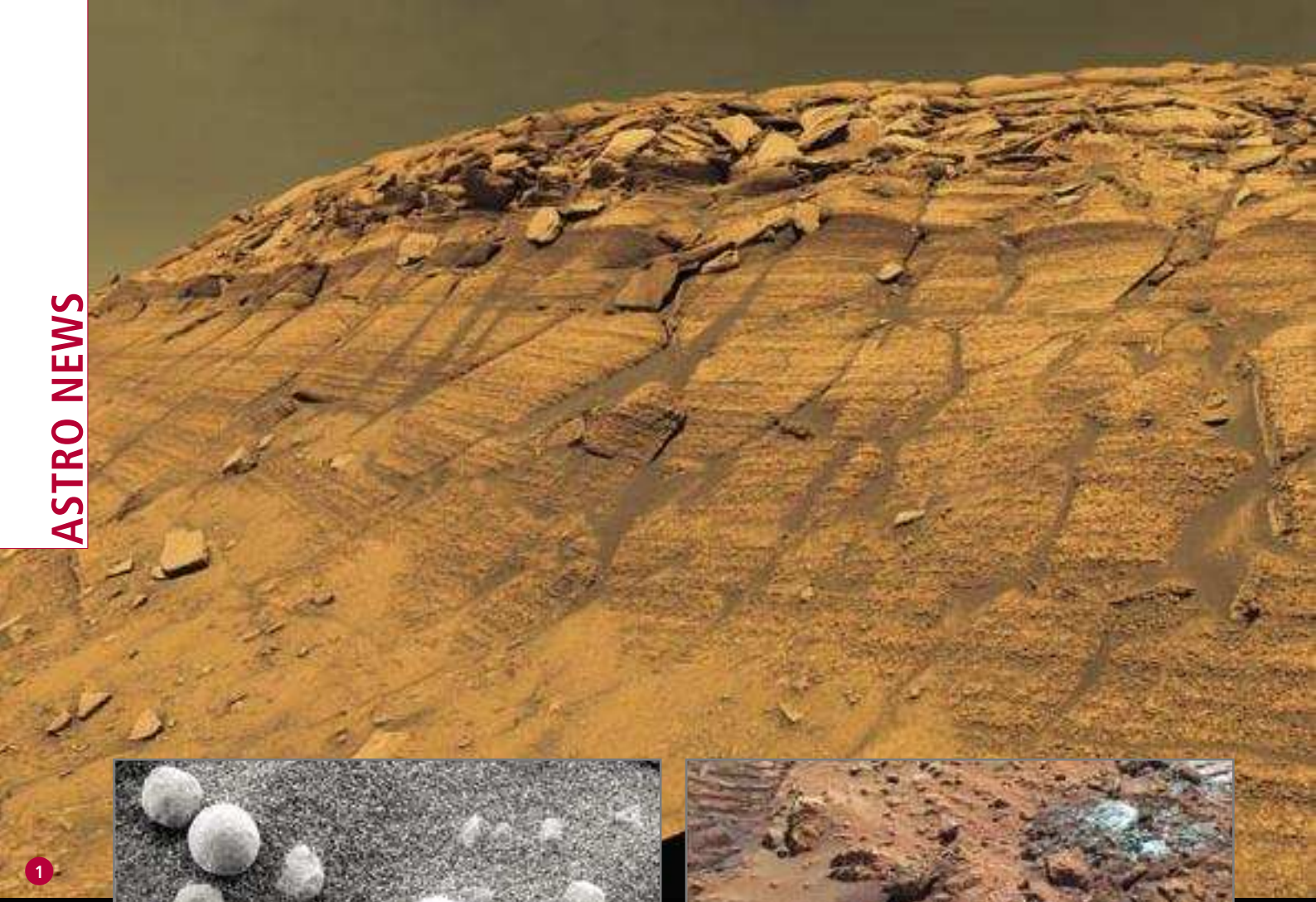
Katapult für Bremer Fallturm

Der Fallturm des Zentrums für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation in Bremen verfügt nun über eine Katapultanlage. Damit erhöht sich der Zeitraum für Experimente unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit von bisher 4,74 Sekunden auf etwa zehn Sekunden.

Mit dem hydraulischen Katapult wird eine bis zu 500 Kilogramm schwere Kapsel innerhalb von einer viertel Sekunde auf eine Geschwindigkeit von über 170 Kilometer pro Stunde beschleunigt und in die Höhe geschossen. In dieser Zeit sind die Experimente der 20fachen Erdbeschleunigung ausgesetzt. Die Schwerelosigkeit setzt ein, wenn die Anlage die Kapsel nach einer Beschleunigungsstrecke von zwei Metern in den freien Flug entlässt. Dann steigt sie bis in die Spitze des 146 Meter hohen Turms, bevor sie – wie bei bisherigen Experimenten – wieder herunterfällt.

Von Null auf 170 **Kilometer pro Stunde in 0,25 Sekunden**

ANZEIGE



SPIRIT UND OPPORTUNITY

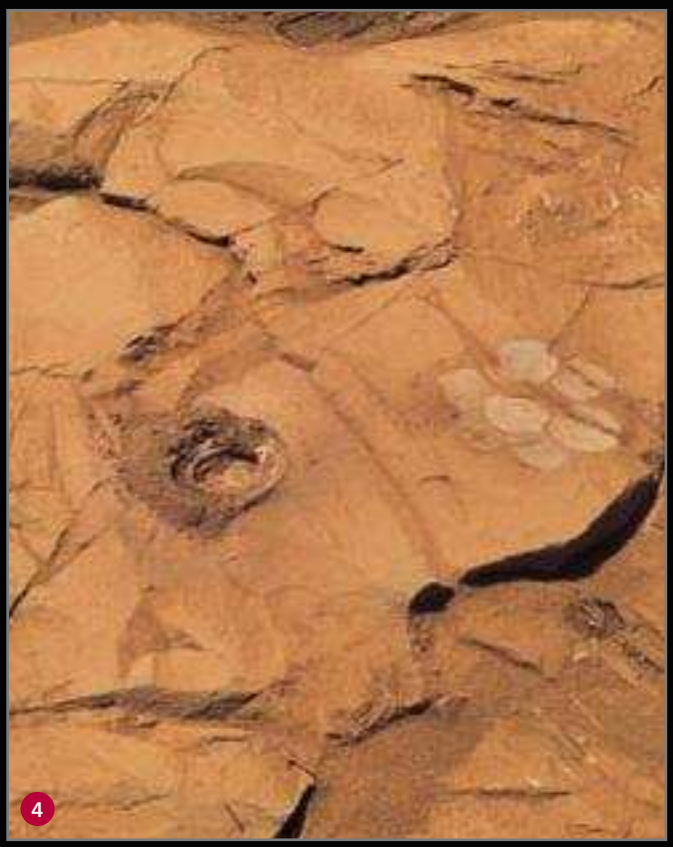
Weit übers Ziel hinaus

Seit Januar 2004 kurven sie nun schon auf dem Mars herum – neun Monate länger als geplant. Sie haben den Marswinter überstanden und plagen sich allenfalls mit hakeligen Bremsen und ähnlichen Zipperlein. Opportunity ist zwei, Spirit schon vier Kilometer gefahren. Beide schickten über 60 000 Bilder heim.

Etwa von den Hängen des Endurance Crater (1), die so aussehen wie die von Flüssen abgelagerten Sedimente in Utah. Schon kurz nach seiner Landung hatte Opportunity Hinweise auf eine feuchte Vergangenheit des Mars entdeckt: die »Blueberries« (2), mikroskopisch kleine Kugeln mit viel Hämatit, einem Eisenoxid, das sich jedenfalls hier auf Erden meist nur bildet, wenn es auch Wasser gibt.

Unterdessen schürfte Spirit seltsam glitzerndes und noch immer rätselhaftes Material zu Tage (3). Andernorts bereitete er den Brocken »Clovis« mit seinem »Rock Abrasion Toll« (Rat) für die spektrometrische Untersuchung vor (4). Derzeit erkundet Opportunity sein bei der Landung abgesprengtes Hitzeschild (5) und stößt – was für ein unglaublicher Zufall – auf einen Meteoriten (kleines Bild).

ALLE BILDER: NASA



ASTROFOTOGRAFIE

Hubble-Aufnahme eines Amateurs

Dieses Mosaik des Tarantelnebels stammt von dem 23-jährigen Hobbyastronomen Danny LaCrue aus Lakeside in Kalifornien. Erstellt hat er es, nachdem er sich im Internet den »Fits Liberator« besorgt hatte – ein Zusatzmodul für das Grafikprogramm Adobe Photoshop (Fits: Flexible Image Transport System). Mit diesem Plug-in kann jeder die Aufnahmen im Standardformat der Astronomen einlesen und bearbeiten.

In dem schier unermesslichen Archiv mit Daten des Hubble Space Telescope fand LaCrue 15 Aufnahmen des Tarantelnebels in den Wellenlängen von Sauerstoff (blau), Schwefel (rot) und Wasserstoff (grün) und setzte sie mit seinem Rechner zusammen. Zudem überlagerte er weitere Aufnahmen vom New Technology Telescope der Europäischen Südsternwarte in Chile.

Der Tarantelnebel findet sich in der großen Magellanschen Wolke und ist rund 170 000 Lichtjahre von uns entfernt.

LaCrue ist nicht der Einzige, der solche Bilder erstellt. Mittlerweile ziert die »Fits Users Gallery« mehr als sechzig Impressionen, die in ihrer Bildgewalt die Originalaufnahmen der Wissenschaftler übertreffen.

Den Fits Liberator gibt es im Internet: www.spacetelescope.org/projects/fits_liberator/

ESA / NASA / ESO / DANNY LACRUE

Schöner als die Profis Mit dem Rechner kombinierte Danny LaCrue 15 Bilder des Hubble Space Telescope zu diesem grandiosen Mosaik.

KUIPER-GÜRTEL

Merkwürdige Vulkane auf Quaoar?

Auf den meist weniger als tausend Kilometer großen Himmelskörpern des Kuiper-Gürtels könnte es eine Art von Vulkanen geben, die nicht flüssiges Gestein, sondern ein Gemisch von Wasser und Ammoniak fördern. Zu dieser Vermutung gelangten die Astronomen David Jewitt von der University of Hawaii und Jane Luu vom Massachusetts Institute of Technology, nachdem sie auf dem 2002 entdeckten Objekt Quaoar kristallines Wasser und Ammoniakhydrat entdeckt hatten.

Da sich diese Stoffe erst bei Temperaturen von über minus 70 Grad Celsius bilden, vermuten Jewitt und Luu, dass die Substanzen durch radiokative Prozessen im Innern von Quaoar aufgeheizt werden und auf diese Weise unter hohen Druck geraten. In der Folge bahnen sie sich ihren Weg an die Oberfläche und erstarren dort zu jenem kristallinen Wassereis und Ammoniakhydrat.

Quaoar ist 43-mal so weit von der Sonne entfernt wie die Erde und mit einem Durchmesser von rund 1300 Kilometern halb so groß wie Pluto.

G. BACON, STSCI / NASA

Gibt es auf Quaoar Vulkane, die statt flüssigem Gestein Eis und Ammoniak spucken?

INTERNATIONALE RAUMSTATION

Neuer Roboter

Der rund fünfzig Zentimeter lange Roboterarm Rokviss (Robotik-Komponenten-Verifikation auf der ISS) mit zwei Gelenken, einem Metallfinger und zwei integrierten Kameras hat am 26. Dezember 2004 die Internationale Raumstation erreicht. Der Arm wurde vom Institut für Robotik und Mechatronik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt in Oberpfaffenhofen entwickelt. Er soll an einer Außenplattform der ISS montiert und dann in Echtzeit von der Erde aus gesteuert werden. In Zukunft kann er so die Astronauten bei ihren gefährlichen Arbeiten im Weltraum entlasten.

Mitarbeiter dieser Rubrik:
Jens Funk und Hans Zekl

Aktuelle Meldungen aus Astronomie und Raumfahrt finden Sie bei Wissenschaft Online:
www.wissenschaft-online.de/astronomie

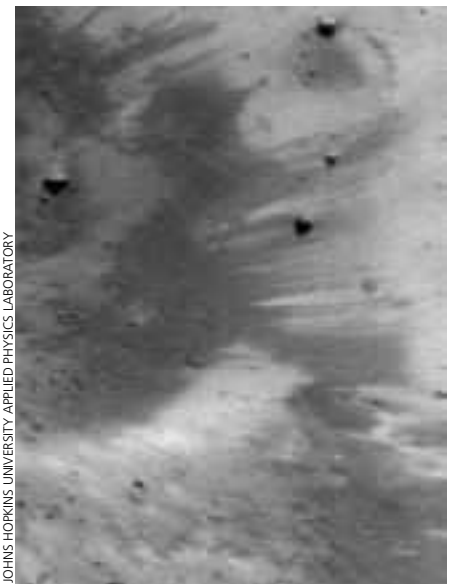
ASTEROIDEN

Hangrutsch ohne Schwerkraft

Seit die Raumsonde Near Shoemaker im Jahr 2000 Bilder von der Oberfläche des 17 Kilometer großen Asteroiden Eros zur Erde funkte, rätseln Forscher, warum auf einem Himmelskörper mit so schwachem Schwerefeld Geröll die Kraterwände herabrutschen kann. James Richardson und seine Kollegen von der University of Arizona vermuten jetzt, dass die Einschläge kleinerer Brocken dafür verantwortlich sind.

Mit Hilfe einer Computersimulation fanden sie heraus, wie Eros bereits durch Einschläge von zwei Meter großen und fünf Kilometer pro Sekunde schnellen Asteroiden derart in Schwingungen versetzt wird, dass auf dessen Oberfläche Bewegungen in der Größenordnung der Erdbeschleunigung auftreten. Auf diese Weise könnte das Material in Bewegung geraten und sich in Kratern und Mulden sammeln.

Wegen der geringen Schwerkraft von Eros wog die bei ihrem Start über 700 Kilogramm schwere Sonde bei ihrer Landung auf dem Asteroiden gerade einmal 500 Gramm.



JOHNS HOPKINS UNIVERSITY APPLIED PHYSICS LABORATORY

Der Blick in einen Krater von Eros beweist: Hier rutschen Sedimente den Hang hinunter.

ANZEIGE

WIE DER MOND ZU SEINEM GESICHT KAM

Wieso hat die Erde einen Mond? Woher kommt er und warum hat er ein Gesicht? Sie meinen, das betrifft Sie nicht? Denken Sie noch einmal genau darüber nach, denn ohne Mond würde es uns Menschen vielleicht gar nicht geben. Die Ergebnisse der Apollomissionen erklären uns, wieso Erde und Mond so unverwechselbar sind – und woher das Mondgesicht kommt.

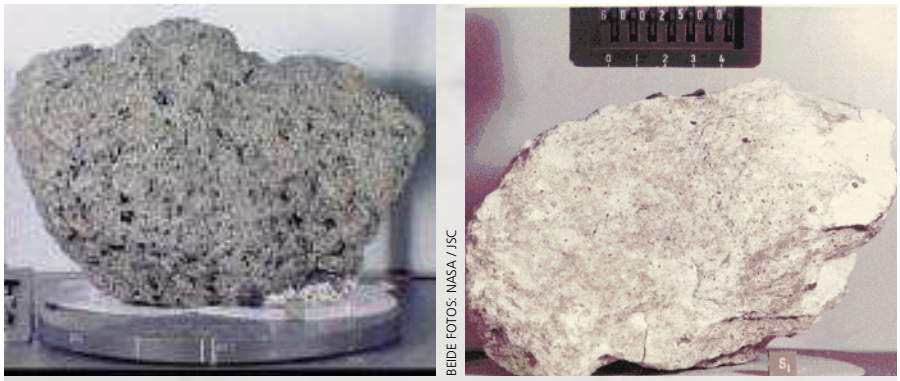
>> Markus Landgraf

LINKS: NASA, MITTE: ESO, RECHTS: ULF MAURER

GÜNTER ULLMANN

Guter Mond, du gehst so stille

Seit Jahrtausenden fasziniert der Anblick des Vollmonds die Menschen.



BEIDE FOTOS: NASA / JSC

Schwarz und weiß Die hellen Anorthosite (rechts) aus den Hochländern des Monds ähneln in ihrer chemischen Zusammensetzung den ältesten Gesteinen der Erdkruste. Sie sind sehr leicht und enthalten viel Aluminium. Die Basalte aus den Mondmeeren (links) dagegen sind dunkel und enthalten große Mengen Eisen.

Vor den Apolloflügen in den 1960er und 1970er Jahren konnten die Astronomen über die Herkunft des Monds nur spekulieren. Obwohl wir unseren Trabanten schon seit Jahrhunderten durch Teleskope verschiedener Art und Größe beobachten, lieferten doch erst die Astronauten und die von ihnen mitgebrachten Gesteinsproben wichtige Hinweise darauf, wie der Mond einst entstand und wie er sich entwickelt hat. Dabei zeigte sich, dass seine Geschichte äußerst ungewöhnlich ist. Seine Oberfläche ist das Ergebnis einer Milliarden Jahre dauernden Entwicklung, die mit einem großen Knall begann.

Wenn Planeten entstehen, geht es bisweilen ziemlich wild zu: Große Brocken wachsen auf Kosten von kleineren, bis diese fast völlig verschwunden und nur noch große übrig sind. Diese umkreisen die Sonne unglücklicherweise auf Bahnen, auf denen sie einander gefährlich nahe kommen.

Fataler Crash

So muss es einst auch unserer Erde ergangen sein, denn kaum hatte sie sich genügend abgekühlt, um eine feste Kruste zu bilden, da raste ein anderer Planet, so groß wie der Mars, auf sie zu und stieß mit ihr zusammen. Die Kollision war so heftig, dass für einige Tage der heißeste Ort im Planetensystem nicht mehr auf der Sonne, sondern im Erde-Mondsystem lag. Geschmolzenes Gestein spritzte weit in den Weltraum hinaus, der Kern des Kollisionspartners wurde aber von der Erde geschluckt. Einige Trümmer konnten der Schwerkraft der lädierten Erde jedoch nicht entkommen, sondern umkreisten sie dann. Mit der Zeit verklumpten sie und bildeten schließlich den Urmond, der nach und nach die Reste der Kollision einsammelte: eine Wiederholung des Prozesses, der Jahrmillionen zuvor schon um die Sonne herum stattgefunden hatte.

Obwohl noch einige Fragen dieser Theorie ungeklärt sind, kann doch nur dieses Szenario das heutige Aussehen und die Zusammensetzung unseres Monds erklären. Als die ersten Mondsteine im Labor des Johnson Space Center der Nasa untersucht wurden und die Forscher auf die Spur dieser ungewöhnlichen Entstehungsgeschichte brachten, war das Erstaunen unter den beteiligten Wissenschaftlern groß.

In den Proben vom Mond fanden sie drei unterschiedliche Sorten von Gesteinen: dunkle Basalte aus den Maria, den »Meeren« des Monds, sehr helle Steine, die als Anorthosite (feldspatreich) bezeichnet werden und so genannte Brekzien, kompaktes Gemenge von feinen Bruchstücken beider Gesteinsarten. Besonders überrascht waren die Forscher über die Anorthosite, denn diese schienen in ihrer chemischen Zusammensetzung den ältesten Steinen der Erdkruste zu ähneln. Allerdings gab es drei wichtige Unterschiede: Sie waren mit ihren 4,6 Milliarden Jahren wesentlich älter als die Steine auf der Erde, ihnen fehlten jegliche Spuren von Wasser und sie enthielten kaum schwere Elemente wie Eisen und Magnesium. Stattdessen fanden die Forscher in ihnen die leichten Metalle Aluminium und Kalzium. Wohin war also das Eisen verschwunden, das auf der Oberfläche aller Asteroiden und erdähnlichen Planeten in mehr oder weniger hoher Konzentration zu finden ist?

Eine verblüffende Antwort

Die Antwort auf diese Frage ist genauso einfach wie verblüffend: An seiner Oberfläche muss der junge Mond damals vollständig zu einem globalen Ozean aus Magma geschmolzen gewesen sein. Nur so konnte das schwerere Eisen in das Innere des Monds hinabsinken und das leichtere Aluminium sich in den oberflächennahen Schichten anreichern. Die heiße Kruste in der Frühzeit unseres Trabanten erklärt auch die fast vollständige Abwesenheit von Wasser in den von den Apolloastronauten mitgebrachten Gesteinsproben, denn dieses ist bei den damals herrschenden hohen Temperaturen einfach in den Weltraum verdampft.

Als der Magmaozean schließlich abkühlte, kristallisierten die hellen, leichten Anorthosite und bildeten die feste Kruste des Monds. Dieser war also von der Erde aus gesehen anfangs nur eine ziemlich helle, konturlose Scheibe. >

GLOSSAR

Die drei wichtigsten Gesteinstypen des Monds

Anorthosite: helle Gesteinsart der Mondhochländer. Anorthosite weisen eine ähnliche Zusammensetzung wie die alten Krusten- und Tiefengesteine der Erde auf. Allerdings sind sie mit ihren 4,6 Milliarden Jahren wesentlich älter. Sie sind reich an leichten Elementen wie Aluminium und Kalzium.

Basalte: typische Gesteinsart der Mondmeere. Auf Grund radiometrischer Altersbestimmungen weiß man heute, dass die jüngsten bisher gesammelten Marebasalte fast drei Milliarden Jahre alt sind. Neben dem Vorkommen mondtypischer Mineralien fällt vor allem das Fehlen wasserhaltiger Minerale auf. Das ist ein Indiz dafür, dass in der lunaren Geschichte niemals nennenswerte Mengen an Wasser auf der Mondoberfläche geflossen sein können. Mondbasalte sind reich an schweren Metallen wie Eisen.

Brekzien sind »versteinerter Mondstaub«, also Staub, der vor Milliarden Jahren durch Meteoriteneinschläge zu Stein zusammengebacken wurde. Die an den Apollolandestellen gewonnenen Gesteinsproben zeigen, dass – abgesehen von den Maregebieten – Brekzien die vorherrschenden Oberflächengesteine des Monds sind.

Astronaut Charles M. Duke Jr. entnimmt Gesteinsproben während der Apollo-16-Mission. Wie spätere Untersuchungen zeigten, war der Fels im Hintergrund durch einen gewaltigen Einschlag an diesen Ort geschleudert worden.

NASA / JSC

NASA / JSC

»Erdaufgang« über dem Mondhorizont, wie ihn die Apollo-11-Astronauten Neil Armstrong und Edwin Aldrin von der Mondlandefähre »Eagle« aus fotografierten.

> Was dann vor 4,5 bis 4,1 Milliarden Jahren auf dem Mond geschah, lässt sich selbst mit all den gesammelten Gesteinsproben und Beobachtungen nicht genau rekonstruieren. Wir wissen nur, dass unser Trabant am Ende dieser Periode von gigantischen Einschlägen erschüttert wurde. Diese waren so heftig, dass sie der bisher konturlosen Mondlandschaft ein pockennarbiges Gesicht verpassten. Den Endpunkt dieser Ära markiert eine Kollision mit einem besonders großen Objekt, die ein großes Einschlagbecken – das Mare Imbrium – hinterließ.

Insgesamt gibt es auf der erdzugewandten Seite des Monds vier besonders tiefe Becken: im Norden das Imbrium- und das Tranquilitatisbecken und im Süden das Humorum- und das Nubiumbecken.

Rotglühende Narben

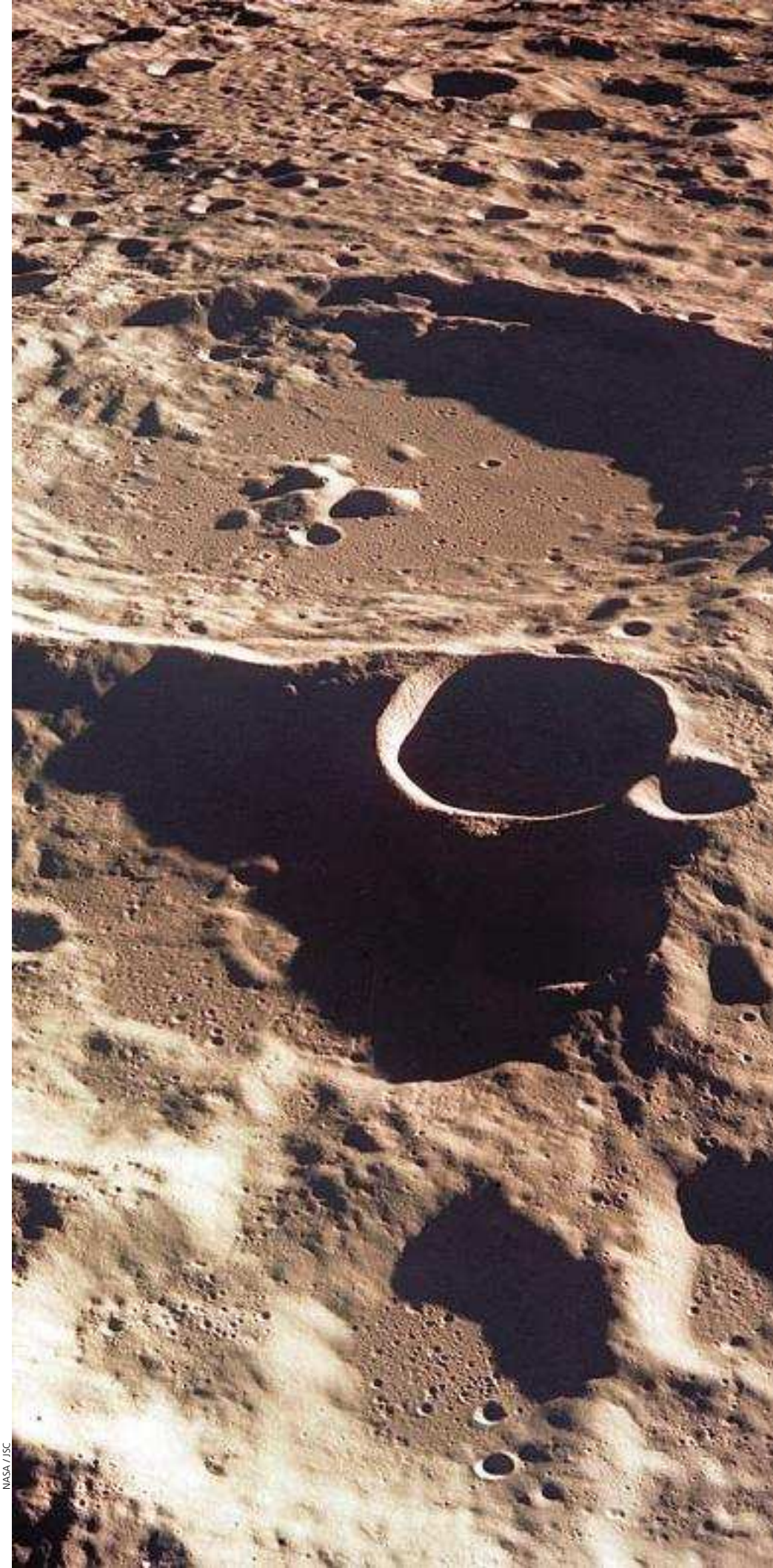
Hätten während der damaligen Einschläge schon Menschen gelebt und zum Mond geschaut, hätte sich ihnen ein unvergleichliches Schauspiel geboten: So blitzten die von Einschlägen getroffenen Mondregionen wahrscheinlich gleißend hell auf und waren noch über Jahrhunderte als rot glühende Narben auf der vormals glatten Mondscheibe zu erkennen. Wie die Einschlagbecken nach dem Erkalten von der Erde aus wirkten, können wir heute nur noch vermuten. Wahrscheinlich war jedes von ihnen kreisrund und etwa so groß wie ein Fünftel des Monddurchmessers.

Diese Megaeinschläge fügten der Mondkruste so tiefe Wunden zu, dass der Boden der entstandenen Becken dünn und brüchig wurde. Die Klüfte reichten bis in den Mantel des Monds hinab, wo sich die dichteren, eisen- und magnesiumhaltigen Gesteine angesammelt hatten. Wie der Mantel der Erde weist auch der des Monds Kammern auf, die mit flüssigem Magma gefüllt sind. Aus solchen Magmakammern stieg das Mantelmaterial als Lava durch die Risse nach oben. In den folgenden Jahrmilliarden kam es auf unserem Trabanten immer wieder zu Vulkanausbrüchen. Aus den Schloten der Vulkane ergoss sich ein steter Strom aus Lava in die von den Asteroideneinschlägen geschaffenen Becken. Die Lava erkaltete schließlich zu Basalten, wie wir sie auch hier auf der Erde kennen: glatte, dunkle Steine, die manchmal von Poren durchsetzt sind, in denen vulkanische Gase gefangen sind. So füllten sich mit der Zeit alle Einschlagbecken mit relativ dunklem Gestein.

Die Astronomen des Altertums glaubten, in diesen dunklen Gebieten Meere zu erkennen, und nannten sie nach dem lateinischen Begriff für Meer Mare (Plural: Maria). Vor dem Hintergrund des hellen Hochlands erschienen die Maria als kreisrunde Formen: das Mare Tranquilitatis (Meer der Ruhe) als rechtes, das Mare Imbrium (Regenmeer) als linkes Auge des Mondgesichts. Die sich überlagernden Mare Humorum (Meer der Feuchte) und Nubium (Meer der Wolken) bilden den Kussmund und komplettieren so das »Gesicht« unseres Trabanten, das seitdem auf die Erde hinabblickt.

Zurück zum Mond

All diese Erkenntnisse wären ohne die Mondmissionen und die von ihnen mitgebrachten Gesteinsproben nicht gewonnen worden. Seitdem die Apollo-17-As-



Die hellen Hochländer des Monds sind von Einschlagkratern geradezu übersät.

NASA / JSC

tronauten im Jahr 1972 den Rückflug antraten, hat kein Mensch mehr den Mond betreten.

Geht es nach den Plänen der europäischen Weltraumorganisation Esa, so sollen schon bald wieder Forscher auf der Oberfläche unseres Trabanten ihrer wissenschaftlichen Arbeit nachgehen. Bereits jetzt umkreist die europäische Raumsonde Smart-1 dem Mond. Mit Hilfe ihres Ionenantriebs benötigte sie gerade mal sechzig Kilogramm des Edelgases Xenon, um mit geringem, aber konstantem Schub in 14 Monaten aus einer Erdumlaufbahn dorthin zu fliegen.

Programm Aurora

Seit Mitte November umkreist Smart-1 auf der Suche nach lunaren Rohstoffen, die späteren bemannten Missionen einmal von Nutzen sein könnten, den Erdtrabanten. Vielleicht verschafft uns die europäische Mondsonde endlich Klarheit darüber, ob sich am Südpol des Monds tatsächlich Wassereis befindet, wie die Beobachtungen US-amerikanischer Sonden in den 1990er Jahren vermuten lassen. Zukünftigen Kolonien auf unserem Trabanten könnte dieser Stoff dereinst gute Dienste leisten.

Wie aber sieht die Zukunft der Mondforschung aus? Im Rahmen des vor vier Jahren ins Leben gerufenen europäischen Erkundungsprogramms »Aurora« sollen schon sehr bald nach den anfänglich unbemannten Missionen auch bemannte Expeditionen zum Mond aufbrechen. Die amerikanische Raumfahrtbehörde Nasa ist seit Anfang 2004 gleichfalls wieder auf Mondkurs.

Die Menschheit macht sich nach mehr als dreißig Jahren Pause erneut auf den Weg zu unserem Trabanten – diesmal aber nicht in einem Wettrennen, sondern in internationaler Zusammenarbeit. <<

Markus Landgraf ist Physiker und Missionsanalytiker beim europäischen Raumfahrtkontrollzentrum der Esa in Darmstadt. Nach seiner Promotion am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg hat er als Stipendiat des National Research Council in den Labors der Nasa Mondgesteinsproben untersucht.

RAUCHENDE SUPERNOVAE UND STAUBIGE GALAXIEN

Jede Menge Staub befindet sich in der Ebene der Spiralgalaxie NGC 891 und scheint diese zu zweiteilen.

NOAO / AURA / NSF / WIYN

Eingehüllt in kosmischem Staub hüten Supernovae das Geheimnis, woher die ältesten Galaxien stammen.

>> Stephen Eales

Die letzte Form des »Lichts«, die für die Astronomie erschlossen wurde, ist die der Submillimeterwellen. Ihr Bereich im elektromagnetischen Spektrum reicht von einem Millimeter bis zu 100 Mikrometer – nur wenig mehr als die Breite eines menschlichen Haars. Durch einen glücklichen Zufall war ich der erste Astronom, der bei diesen Wellenlängen beobachtete, nämlich mit dem ersten Submillimeterteleskop der Welt: dem James-Clerk-Maxwell-Telescope (JCMT, Foto S. 28), das 1987 auf der Vulkaninsel Hawaii in Betrieb genommen wurde.

Nach meiner Promotion verbrachte ich drei Jahre am Mauna-Kea-Observatorium und bemühte mich, möglichst mit allen Teleskopen der Sternwarte einmal zu arbeiten. Ich bekam auch gleich Beobachtungszeit am JCMT, wahrscheinlich, weil anfänglich die Ausrichtung und Nachführung noch so unpräzise war. Da ich nicht herausbekommen konnte, auf welchen Teil der Galaxie M 82 im Großen Bären das Teleskop während der Messungen gezeigt hatte, ließ ich den Stapel mit den aufgenommenen Spektren jahrelang unbenutzt auf dem Boden meines Büros herumliegen. Dieser historische Papierberg ging irgendwann verloren – vermutlich bei einem meiner zahlreichen Umzüge.

Aber dieser Artikel soll nicht von den technischen Herausforderungen der Submillimeterastronomie handeln. Hier geht es um das, was man bei diesen Wellenlängen beobachten kann: interstellaren Staub. Dieser Baustein unseres Universums wurde lange unterschätzt, aber er spielt eine Schlüsselrolle bei der Lösung eines der verzwicktesten Rätsel der Astronomie.

Sie, liebe AH-Leser, sind sicher in allen Ausgaben des Magazins schon jeder Menge Staub begegnet – wissentlich oder nicht. Denn er ist es, der die meisten Deep-Sky-Aufnahmen so spannend und detailreich macht – wie den Pferdekopfnebel im Orion (Foto S. 25) oder die nahe gelegene Galaxie NGC 891 (links). In beiden Fällen rau- >

LINKS: EUGENE KOPAN, ROBERT HURT / 2MASS ; RECHTS: STEVE CANNISTRA

Der Staub im Orionnebel verhüllt, was im Innern geschieht (links). Erst in Infrarotaufnahmen erscheinen die vielen jungen Sterne, die dort gerade geboren werden (rechts).

> ben uns unzählige kleine Körnchen die Sicht auf die Sterne, die jeweils dahinter liegen. Stellen Sie sich diesen Staub aber nicht vor wie die Flusen auf Ihrem Fußboden, sondern eher wie fein verteilte Schwaden von Zigarettenrauch.

Heutzutage ist die Existenz von interstellarem Staub unbestritten, doch lange Zeit wurde er einfach übersehen. Viele Astronomen glaubten, es gäbe in den dunklen Regionen am Himmel einfach keine Sterne. Erst im letzten Jahrhundert wurde klar, dass dort unsichtbare Materie das Licht verschluckt.

Mittlerweile ist die Beobachtungstechnik weit genug fortgeschritten, um kosmischen Staub direkt beobachten zu können. Das Sternlicht, das durch solche Materiekörnchen absorbiert wird, heizt diese auf – üblicherweise auf eine Temperatur von etwa zwanzig Grad über dem absoluten Nullpunkt, also 20 Kelvin oder rund –250 Grad Celsius. Die Wellenlänge, bei der ein Körper mit dieser Temperatur die meiste Wärmestrahlung abgibt, liegt im Submillimeterbereich.

Somit können Astronomen erst durch Beobachtung der Submillimeterstrahlung von Staub bislang versteckte Energiequellen im Weltall aufspüren. Die Geburt eines Sterns beispielsweise bleibt traditionellen optischen Teleskopen verborgen, die im Bereich des sichtbaren Lichts und nahen Ultraviolett arbeiten, weil sie in staubigen Gaswolken stattfindet. Ein Beispiel dafür ist der Orionnebel (M 42, Fotos S. 24). Nur die Strahlung des von den Sternbabys erwärmten Staubs erlaubt uns, die Neugeborenen zu finden und zu erforschen.

Aber wie wichtig ist Staub für unser Gesamtverständnis des Universums? Seit Mitte der 1990er Jahre steht fest: sehr!

Den überzeugendsten Beweis hierfür erbrachte eine Nasa-Satellitenmission: der Cosmic-Background-Explorer, kurz Cobe. Dieses Weltraumteleskop ist hauptsächlich für die Vermessung der kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung bekannt, die nur etwa 400 000 Jahre nach dem Urknall entstand. Eine weitere Aufgabe bestand darin, die gesamte Strahlung aller Galaxien im Submillimeterbereich und fernen Infrarot zu messen.

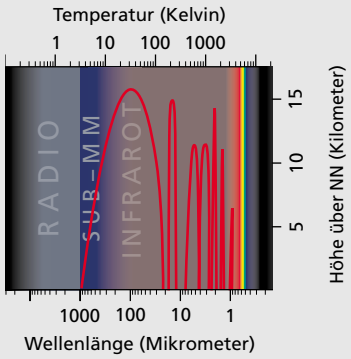
Staub und der Rest: halbe-halbe

Das erstaunliche Ergebnis von Cobes Messungen: Staub hat ungefähr die Hälfte der optischen Strahlung absorbiert, die seit dem Urknall von allen Objekten im Universum abgegeben wurde – Sterne, Galaxien, Quasare und so weiter – und dann in Form von Submillimeterstrahlung wieder abgegeben. Diese Entdeckung überzeugte die Astronomen davon, dass Staub nicht nur für schöne Fotomotive sorgt, sondern auch von übergreifender Bedeutung für die Kosmologie ist. Etwa zu der Zeit, als Cobes Entdeckung 1996 bekannt gegeben wurde, kamen meine Kollegen und ich mehr und mehr zu der Überzeugung, dass Staub der Schlüssel für die Erklärung der Galaxienentwicklung sein könnte.

Die Forschung auf meinem Gebiet, nämlich der galaktischen Evolution, ist

GLOSSAR

Submillimeteraufnahmen sind das geeignete Mittel, um kalten Staub aufzuspüren. Denn dieser gibt Wärmestrahlung mit Wellenlängen um einige hundert Mikrometer ab. Da die Submillimeterstrahlung von der Erdatmosphäre weniger absorbiert wird als Infrarot (rote Kurve: Abnahme auf ein Prozent) müssen entsprechende Teleskope nicht unbedingt im Weltraum stationiert werden, es reichen hohe Berglagen.



NOAO / NASA / STSCI

DAVID MALIN, AAO

Der rußschwarze Pferdekopf verschluckt das Licht des dahinter gelegenen Emissionsnebels (oben). Im Virgo-Haufen liegt die riesige elliptische – allerdings annähernd runde – Galaxie M87 (rechts).

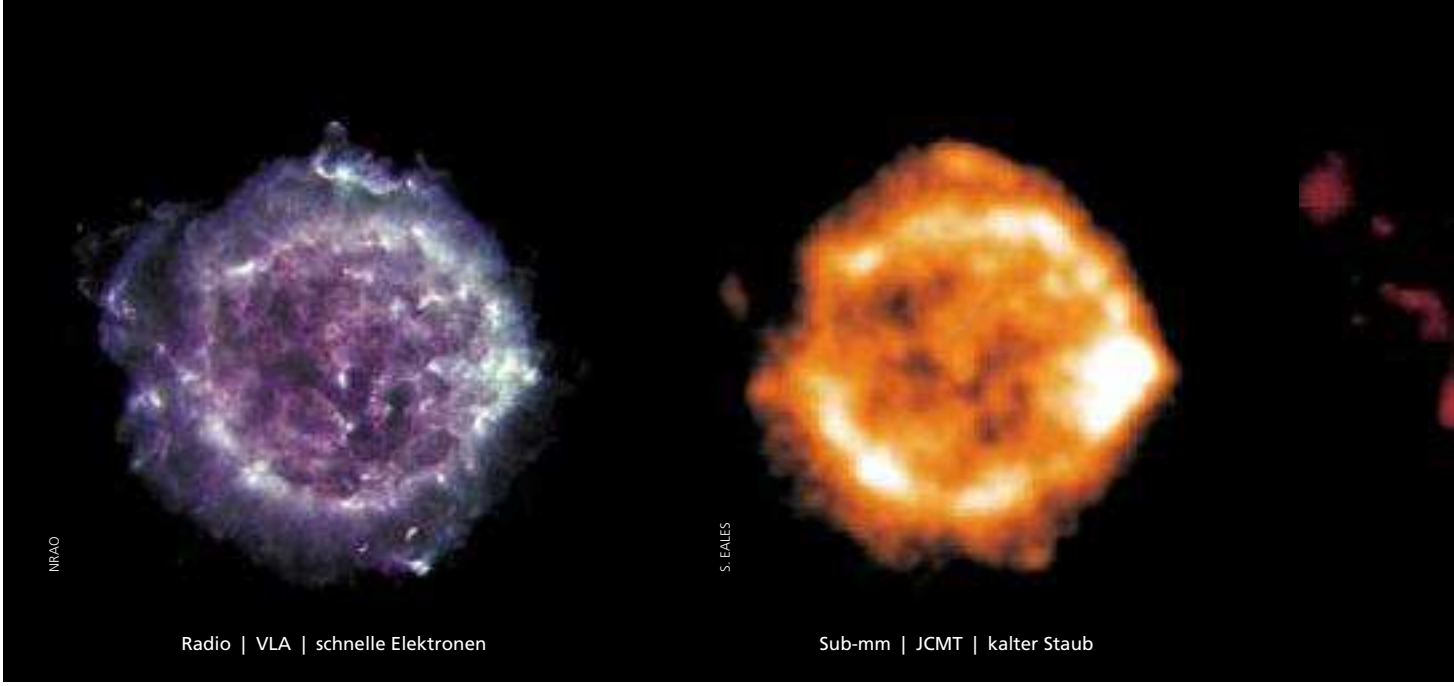
überhaupt nur möglich, weil Licht sich rasend schnell fortbewegt – aber eben nicht unendlich schnell. Deshalb sind die Sternkonstellationen, die wir heute sehen, eigentlich ein Abbild dessen, was vor Jahrzehnten oder gar Jahrtausenden am Himmel geschah – denn diese Sterne sind Dutzende oder Tausende von Lichtjahren von uns entfernt. Da die Veränderungen bei Galaxien aber in viel längeren Zeiträumen vor sich gehen, schauen meine Kollegen und ich bis zu etliche Milliarden Jahre in die Vergangenheit. Das große Problem dabei ist natürlich, dass von Galaxien in derartigen Entfernungen nur sehr wenig Licht bei uns ankommt. Erst in den 1990er Jahren war die Beobachtungstechnik mit dem Weltraumteleskop Hubble oder den Keck-Teleskopen fortgeschritten genug. Viele Fragen konnten seitdem geklärt werden, doch eines bleibt nach wie vor rätselhaft: die elliptischen Galaxien (M87 oben rechts).

Ellipsen, wie sie meist genannt werden, gibt es unter den größten und kleinsten Galaxien im Universum. Außer in ihrem Aussehen unterscheiden sie sich von Spiralen und unregelmäßigen Galaxien dadurch, dass sie kaum junge Sterne enthalten. In nahen Ellipsen sind Sterne üblicherweise rund zehn Milliarden Jahre alt – sie müssen also recht bald nach dem Urknall entstanden sein. Der fand vor etwa 14 Milliarden Jahren statt. Galaxien, in denen sich fast alle Sterne quasi gleichzeitig bilden, müssen in dieser Geburtsphase sehr hell sein. Deshalb glaubten Astronomen sehr lang, »frühe« Ellipsen recht leicht finden zu können, wenn sie nur tief genug ins All schauen – und damit weit genug in die Vergangenheit.

Doch alles Suchen war erfolglos. Bis vor zehn Jahren gab es keine Anzeichen für die Existenz solcher Objekte – nicht einmal im Hubble Deep Field von 1996, dem tiefsten, also weitesten Blick, der bis zu jener Zeit bei Wellenlängen des sichtbaren Lichts ins All geworfen worden war. Ob möglicherweise Staub den Blick >

NASA / GSFC

Milchstraße in Submillimeter Ihre Scheibe, in der sich unsere Sonne befindet, zeichnet sich in diesem 360-Grad-Falschfarbenbild deutlich ab – und jede Menge Staub.



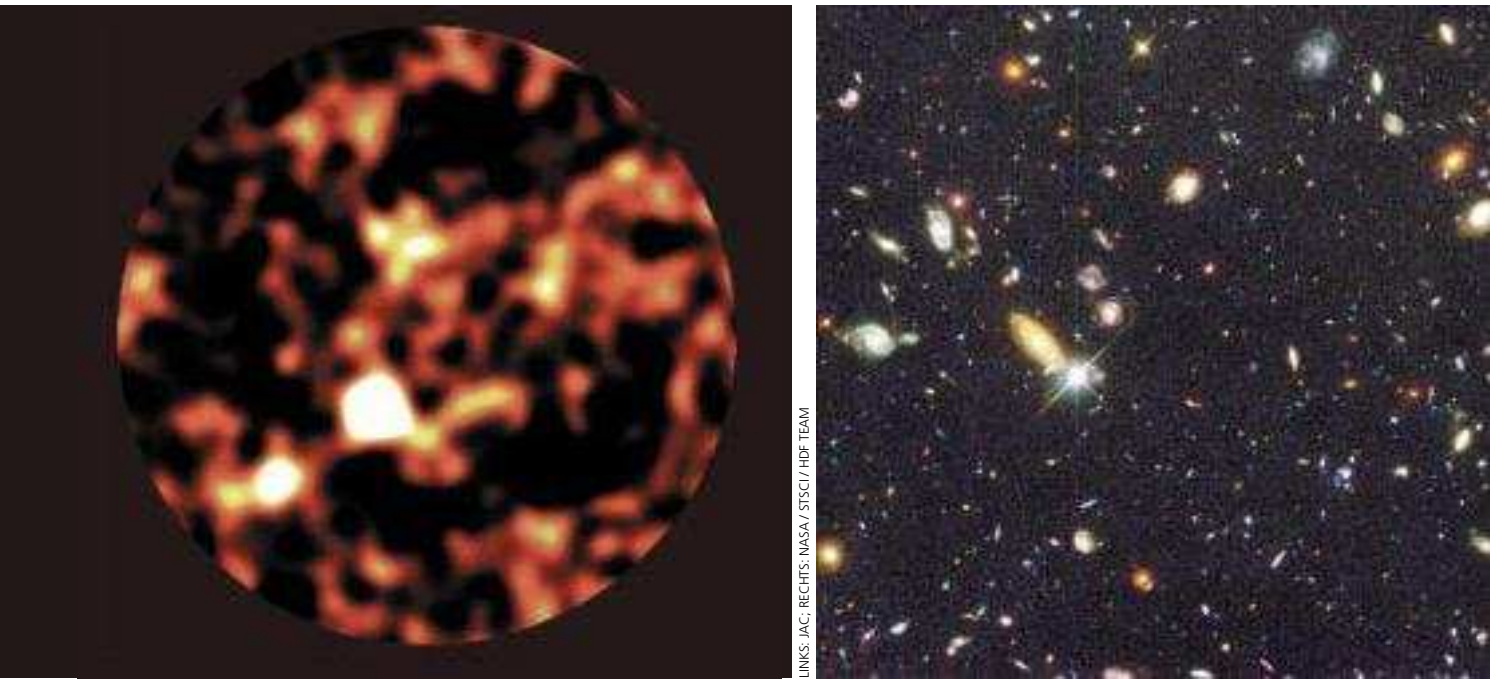
> auf die gesuchten Objekte verhindert? Der nahe liegende Test für diese These war, den Himmel im Submillimeterbereich aufzunehmen und nach Strahlungsquellen zu suchen, die keine optischen Gegenstücke haben.

Zum Glück wurde gerade zu dieser Zeit die weltweit erste Submillimeterkamera am JCMT installiert: »Scuba«, das Submillimetre Common User Bolometer Array. Damit waren wir von nun an in der Lage, auch Submillimeterbilder des Himmels aufzunehmen und nicht nur Spektren. Viele Entdeckungen wurden mit dieser Kamera gemacht, von denen ich hier aber nur zwei vorstellen möchte: Eine betrifft Milliarden Jahre alte Objekte, die andere dreht sich um etwas, das vor nur 325 Jahren geschah. Überraschenderweise haben beide Entdeckungen mehr miteinander zu tun, als es auf den ersten Blick scheinen mag, und zusammen genommen könnten sie das Rätsel der elliptischen Galaxien lösen.

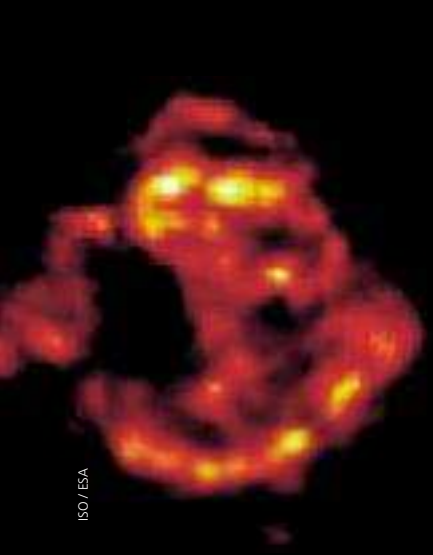
Die erste Entdeckung illustrieren zwei Bilder desselben Himmelsausschnitts: das Hubble Deep Field und die Submillimeteraufnahme, die ein Team um David Hughes mit Scuba gemacht hat (unten). Das Hubblebild (rechts) zeigt rund tausend Galaxien, das Scubabild (links) dagegen nur fünf unterscheidbare Quellen von Submillimeterstrahlung. Obwohl es im Universum etwa gleich viel optische und Submillimeterstrahlung gibt, geht Letztere von viel weniger Objekten aus.

Aber worum handelt es sich bei diesen seltenen Objekten? Die Submillimeterstrahlung stammt von Staub, und ausgerechnet der stellt ein großes Problem für viele Beobachtungstechniken dar. Auf optischen Aufnahmen ist dort, wo sich eine Submillimeterquelle befindet, häufig nur ein außerordentlich schwaches Etwas zu erkennen. Die Standardtechnik zur Messung von Rotverschiebungen, die Spektroskopie, scheitert deshalb oft an der

Deep Field einmal anders Wo die Aufnahme des Weltraumteleskops Hubble (rechts) unzählige Galaxien zeigt, sieht das JCMT-Submillimeterteleskop nur wenige helle Flecken von Staub, der vielleicht von den allerersten Sternen stammt.

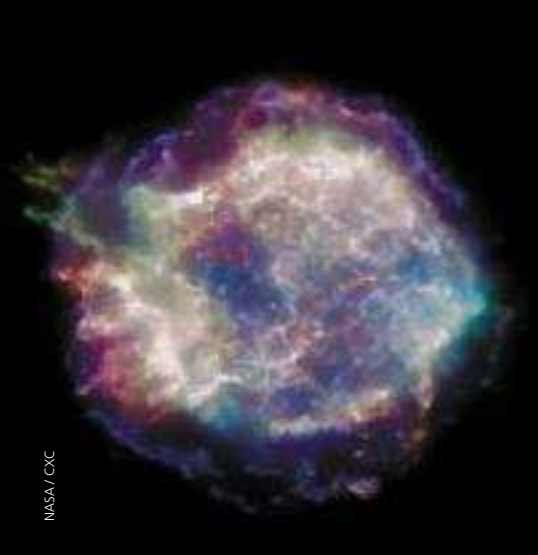


LINKS: JAC; RECHTS: NASA / STSCI / HDF TEAM



Infrarot | Iso | warmer Staub

Visual | MDM-Teleskop | verdichtetes Gas



Röntgen | Chandra | heißes Gas

Fünfmal dasselbe? Der Supernova-Überrest Cassiopeia A ist hier in fünf Spektralbereichen zu sehen (von links nach rechts mit zunehmender Frequenz). Die Strahlung geht dabei jeweils auf eine andere Ursache zurück, die in den Fußzeilen zusammen mit dem beobachtenden Instrument angegeben ist.

geringen Lichtmenge. Erst im Lauf der letzten Jahre konnten mit den beiden Keck-Teleskopen die Rotverschiebungen von zehn Scubaquellen gemessen werden. Diese Werte liegen zwischen eins und vier, das heißt, wir blicken acht bis zwölf Milliarden Jahre in die Vergangenheit, wenn wir sie beobachten.

Der Staub verhüllt auch die eigentliche Energiequelle in diesen Objekten. Die hohen Rotverschiebungen zeigen, dass der Ausstoß viel höher ist, als bei heutigen normalen Galaxien. Könnten es Quasare sein? Wohl eher nicht. Teleskope wie die auf den Röntgensatelliten Chandra und XXM-Newton müssten deren hochfrequente Strahlung sehen können, haben aber bisher nichts gefunden.

Kosmischer Schleiertanz

Vielmehr scheint es inzwischen nahezu sicher zu sein, dass sich in einer typischen Scuba-Galaxie jährlich aus etwa tausend Sonnenmassen Gas neue Sterne bilden. Das scheint nicht viel zu sein. Aber eine Geburtenrate von tausend Sonnenmassen pro Jahr reicht aus, um alle Sterne einer Galaxie wie der Milchstraße innerhalb von nur hundert Millionen Jahren zu bilden – ein Wimpernschlag im heute 14 Milliarden Jahre alten Universum.

Staubverhüllte Objekte, die bereits im frühen Universum ungeheuer viele Sterne bildeten – das sind genau die Eigenschaften, die wir von einer elliptischen Galaxie in ihrer Frühphase erwarten würden. Gas und Staub werden durch die Geburt neuer Sterne verbraucht oder auseinander getrieben, sodass nach mehreren Milliarden Jahren eine Galaxie übrig bleibt, wie wir sie heute kennen.

Es sieht also ganz danach aus, als ob Scuba eines der am längsten bestehenden Geheimnisse der Astronomie gelöst hat. Aber mit der Klärung der Herkunft elliptischer Galaxien tut sich sogleich eine andere, ebenso verwirrende Frage auf. Und das ist der Moment, an dem die zweite Entdeckung – diejenige des 325 Jahre alten Objekts – zum Tragen kommt.

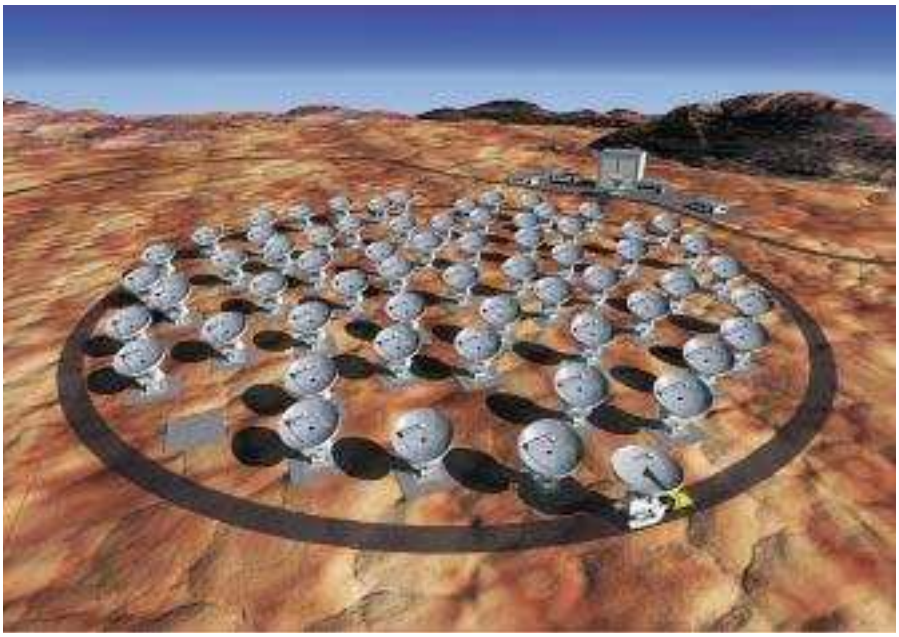
Vor ungefähr drei Jahren begann meine Arbeitsgruppe an der Prifysgol Caerdydd (Universität von Cardiff, Wales), ihre Aufmerksamkeit auf den Ursprung des Staubs selbst zu lenken. Er wurde bei immer höheren Rotverschiebungen gefunden, also zeitlich näher am Urknall. Doch wir verstanden nicht, wie sich die beobachtete Menge in so kurzer Zeit bilden konnte. Staubkörner können nämlich nur dann aus Gas kondensieren, wenn die Umgebungsbedingungen stimmen: Ist die Temperatur zu hoch, bleiben die Atome oder Moleküle im gasförmigen Zustand. Und ist die Dichte zu gering, finden die Gasatome keinen Bindungspartner und irren einsam durchs All.

Optimale Bedingungen herrschen in den Atmosphären kalter, entwickelter Sterne – Rote Riesen und Sterne auf dem asymptotischen Riesenast des Hertzsprung-Russell-Diagramms (AH 3/2003, S. 38). Im Vergleich zum interstellaren Medium sind diese Sternatmosphären immer noch recht dicht, aber die Temperaturen in ihren äußeren Regionen liegen unterhalb des Schmelzpunkts vieler Komponenten, aus denen interstellarer Staub besteht.

Die meisten Lehrbücher führen diese Sterne als Hauptquellen kosmischen Staubs an. Unsere Sonne beispielsweise wird aber erst im Alter von zehn Milliarden Jahren ein Roter Riese. Sterne, die größer sind als unser Zentralgestirn, erreichen dieses Stadium zwar schneller, aber dennoch können sie nicht innerhalb so kurzer Zeit nach dem Urknall so viel Staub gebildet haben. Also zogen wir eine andere mögliche Staubquelle in Betracht: Supernovae.

Staub: Phönix aus der Asche

Eine Supernova ist eine Explosion, die sich ereignet, wenn ein massereicher Stern am Ende seines vergleichsweise kurzen Lebens stirbt (ich rede hier nur von Kern-Kollaps-Supernovae, nicht von denen des Typs Ia, siehe AH 4/2003, S. 28). Würde der sonnennächste massereiche Stern explodieren – Beteigeuze im Orion (siehe »Einser-Klub«, S. 30) –, wäre der Lichtblitz heller als der Vollmond. Über Monate hinweg können Supernovae heller strahlen als alle anderen Sterne ihrer Heimatgalaxie zusammen. Sie sind Quellen der chemischen Elemente, aus denen kosmischer Staub besteht. So liegt die Vermutung nahe, dass sie der Ursprung des Staubs selbst sein könnten – in Form von Körnern, die sich bilden, >



BEIDE BILDER: ESO

Traum der Submillimeterastronomen Alma, wie es 2012 aussehen soll (links) und der erste Zwölf-Meter-Prototyp bei Tests in New Mexico (oben).

> wenn die Überreste des in Stücke gerissenen Sterns sich vom Zentrum entfernen und abkühlen.

Supernovae stehen schon seit Langem als Staubquellen im Verdacht, aber sie wurden meist wieder ausgeschlossen, weil in ihnen bisher nur winzige Mengen an Staub gefunden wurde. Wir begannen uns fragen, ob es vielleicht daran lag, weil er sehr kalt ist. Mit Scuba erhielten wir dann das ideale Instrument, um nach kaltem Staub zu suchen.

Ironischerweise war unser erstes Problem der Staub selbst. Obwohl man davon ausgeht, dass etwa alle dreißig Jahre eine Supernova in der Milchstraße stattfindet, war Johannes Kepler 1604 der Letzte, der definitiv eine beobachtet hat (AH 10/2004, S. 38). Auch hier ist Staub der Übeltäter: Er versteckt die meisten Supernovae vor unseren neugierigen Blicken – und das, obwohl diese Sternexplosionen doch so wahnsinnig hell sind. Cassiopeia A (S. 26/27 oben), den Überrest einer anderen Supernova, nahmen wir ebenfalls unter die Lupe.

Mit Goretex gegen Wind und Wetter geschützt ist die15-Meter-Parabolantenne des JCMT auf dem Mauna Kea.

NIK SZYMANEK / JAC

Heiße Spur zum kalten Staub

Und siehe da: Beide entpuppten sich als helle Submillimeterquellen. Unseren Berechnungen zufolge entspricht die Menge des Staubs der zweifachen Masse der Sonne. Das ist rund tausendmal mehr, als man zuvor mit anderen Methoden in diesen Supernova-Überresten entdeckt hatte.

Wenn unsere Schlussfolgerung richtig ist, haben wir das Problem geklärt, weshalb es kurz nach dem Urknall schon so viel Staub gab. Dennoch bleiben viele Fragen offen. Darüber hinaus haben wir bisher nur zwei nahe Supernova-Überreste erfolgreich beobachtet und die sind möglicherweise nicht typisch.

Die Entdeckung, dass große Teile des Universums unseren traditionellen Teleskopen verborgen bleiben, führte zu einem Boom der Submillimeterastronomie: Derzeit sind zehn Submillimeterteleskope und -teleskopanlagen in Planung oder im Bau. Eins davon, das Submillimeter-Array (SMA), steht in der Nähe des JCMT.

Ein bahnbrechendes Teleskop, das bereits arbeitet, ist das Infrarot-Weltraumteleskop Spitzer. Ein Team von Astronomen beobachtete letztes Jahr damit Cassiopeia A – und sah Staub. Allerdings viel weniger als wir mit Scuba. Vielleicht liegt es daran, dass ein Großteil des Staubs zu kalt ist, um in den Spitzeraufnahmen aufzutauchen.

Zu den anderen kommenden Teleskopen gehört Herschel, der Ferninfrarot- und Submillimetersatellit der Europäischen Weltraumorganisation Esa, der 2007 gestartet werden soll, sowie Alma, das internationale Atacama Large Millimeter Array (siehe oben).

Alma wird in jeglicher Hinsicht das ultimative Submillimeterteleskop sein, sowohl, was die Kosten von etwa einer halben Milliarde Dollar angeht, den Standort in 5400 Meter Höhe – ganze 1200 Meter höher als die Sternwarte auf dem Mauna Kea –, als auch seine Komplexität. In der endgültigen Konfiguration soll es aus 64 gekoppelten Antennen bestehen, jede mit einem Durchmesser von zwölf Metern. Wenn Alma 2012 fertig gestellt ist, wird es uns die Erforschung naher staubiger Supernova-Überreste und ferner staubhaltiger Galaxien ermöglichen – und zwar mit nie da gewesener Empfindlichkeit und außerordentlicher Genauigkeit. <<

Stephen Eales ist Astrophysiker und Professor an der Prifysgol Caerdydd (Cardiff University). Er untersucht die Entstehung und Evolution von Galaxien durch Beobachtungen im Submillimeterbereich.
www.astro.cf.ac.uk/pub/Steve.Eales
www.astro.cardiff.ac.uk/cgi-bin/staff?-k+EalesSteve

Die leuchtstarken Sterne des Einser-Klubs kann man sogar in hellen Nächten klar erkennen.

ALAN DYER, NIGHT SKY

DER EINSER-KLUB

Werfen wir einen Blick auf die hellsten Sterne am Firmament: Diese Objekte 1. Größe sind die Glanzpunkte einer nächtlichen Himmelsbeobachtung. **>> James Mullaney**

Eine der größten Freuden beim Kennenlernen des Nachthimmels besteht darin, sich mit den allerhellsten Sternen vertraut zu machen. Hat man sie sich einmal eingeprägt, dann erscheinen sie einem wie alte Freunde, die einen jedes Mal begrüßen, wenn man in klaren Nächten zum Himmel emporblickt. Mir macht es großen Spaß, nach Sonnenuntergang hinauszugehen und zuzusehen, wie sie am allmählich dunkler werdenden Himmel langsam auftauchen.

Die funkelnden Juwelen des Himmels gehören zu dem von mir so getauften »Einser-Klub« – jene Sterne, die auf einer von den Astronomen schon lange verwendeten Zahlenskala heller sind als 1,5ter Größe. Schon bei flüchtigem Hinschauen erkennt man, dass einige Sterne am Firmament sehr viel stärker leuchten als andere. Dies nahm der griechische Astronom Hipparchos im zweiten Jahrhundert v. Chr. zum Anlass, ein System zur Einordnung der Sterne entsprechend ihrer Helligkeit zu schaffen. Er bezeichnete die leuchtstärksten als Sterne 1. Größe und die schwächsten, mit bloßem Auge gerade noch sichtbaren als solche 6. Größe. Mit anderen Worten: Die Hipparchos-Skala ist so angelegt, dass ein Stern eine umso kleinere Zahl zugeordnet bekommt, je heller er ist, während die schwächsten Sterne die höchsten Werte erhalten – nach einem ähnlichen Prinzip, wie Schulleistungen benotet werden.

Zu Hipparchos' Zeit beurteilte man die Sternhelligkeit noch mit dem Auge, wodurch die Zuordnung zur Skala weit gehend subjektiv und folglich mit Fehlern behaftet war. Als die Astronomen ab dem 19. Jahrhundert jedoch die Sternhelligkeit dank geeigneter Fotometer als physikalische Größe messen konnten, nahmen sie eine exakte Skaleneinteilung und -zuordnung vor. In bestmöglicher Übereinstimmung damit, wie das Auge Helligkeitsunterschiede bewertet, legten sie als Bezugssystem eine logarithmische Skala fest, das heißt, jeder ganze Schritt auf der Skala entspricht einer Helligkeitsänderung um das Zweieinhalbfache. Der physikalische Hel- >

AKIRA FUJII

Der winterliche Nachthimmel ist reich an hellen Sternen. Diejenigen, die hier beschriftet sind, gehören zum Einser-Klub. Sie bilden ein »Himmels-G« – erkennen Sie es?

Der Einser-Klub (von der Nordhalbkugel sichtbar)						
Name	**Bedeutung**	**Sternbild**	**Beste Sichtbarkeit**	**Größe**	**Farbe**	**Entfernung (Lj.)**
Sirius	der Versengende	Großer Hund	Winter	–1,4	bläulich weiß	8,6
Arktur	Bärenhüter	Bärenhüter	Frühjahr	0,0	topasfarben	37
Wega	herabstürzender Adler	Leier	Sommer	0,0	blass saphirblau	25
Kapella	Ziegenböckchen	Fuhrmann	Winter	0,1	goldgelb	42
Rigel	Fuß des Riesen	Orion	Winter	0,2	bläulich weiß	770
Prokyon	vor dem Hund	Kleiner Hund	Winter	0,4	gelblich weiß	11
Beteigeuze	Schulter des Riesen	Orion	Winter	0,4 – 1,3	rötlich orange	520
Atair	der Fliegende	Adler	Sommer	0,8	weiß	17
Aldebaran	der den Plejaden Folgende	Stier	Winter	0,8 – 1,0	rosig topasfarben	65
Antares	Gegenmars	Skorpion	Sommer	1,0 – 1,8	feurig rot	600
Spika	Kornähre	Jungfrau	Frühjahr	1,0	eisblau	260
Pollux	Faustkämpfer	Zwillinge	Winter	1,2	gelblich orange	34
Fomalhaut	Maul des Fisches	Südlicher Fisch	Herbst	1,2	bläulich weiß	25
Deneb	Schwanz des Schwans	Schwan	Sommer	1,3	bläulich weiß	2300
Regulus	kleiner König	Löwe	Frühjahr	1,4	weiß	77
Adhara	die Jungfrauen	Großer Hund	Winter	1,5	bläulich weiß	490

> ligkeitsunterschied zwischen einem gleißenden Stern 1. Größe und einem kaum erkennbaren 6. Größe beträgt also nicht das Fünf-, sondern das Hundertfache! Dem Polarstern wies man eine Helligkeit von 2,12ter Größe zu, was zur Folge hatte, dass man die Skala um negative Werte erweitern musste, um auch den hellsten Sternen einen Wert geben zu können (je negativer der Skalenwert, desto heller der Stern). Sirius etwa hat die Größe –1,4.

Die 23 hellsten Sterne am Firmament fasse ich zum Einser-Klub zusammen. Sie sind über den ganzen Himmel verstreut. 16 davon kann man von mittleren nördlichen Breiten aus sehen, darunter den strahlenden Sirius, aber auch Adhara, einen Stern 1,5ter Größe.

Ewige Faszination

Es gibt noch so viel über die Sterne zu lernen! Schon allein die Namen zu enträtseln, die sie von den alten Sterngucken erhielten, ihre Heimatsternbilder zu identifizieren oder sich die Jahreszeit einzuprägen, in der man sie am besten beobachten kann, halten einen ziemlich auf Trab. Und dann sind da noch all die Fakten, die die Astronomen über ihre physikalischen Eigenschaften herausgefunden haben: Durchmesser, Temperatur, chemische Zusammensetzung, räumliche Bewegung, Entfernung, ob sie stellare oder planetare Begleiter haben und ob sie ihre Helligkeit ändern.

Damit Sie die Sterne 1. Größe besser kennen lernen, habe ich jene Klubmitglieder, die von den nördlichen Breiten aus – wo Sie vermutlich leben – zu sehen sind, in einer Tabelle aufgelistet (oben). In der Reihenfolge ihrer Helligkeit gibt diese Tabelle die Namen der Sterne und einige ihrer wichtigsten Eigenschaften wieder.

In der letzten Spalte finden Sie die Entfernung des jeweiligen Sterns von der Erde, angegeben in Lichtjahren, dem astronomischen Standardentfernungsmaß. Ein Lichtjahr ist die Strecke, die Licht in Vakuum in einem Jahr zurücklegt: etwa 9,5 Billionen (9500000000000) Kilometer (die Lichtgeschwindigkeit in Vakuum beträgt etwa 300000 Kilometer pro Sekunde). Um sich einen Begriff von dieser unglaublich großen Zahl zu machen, stellen Sie sich vor, Sie würden im Sekundentakt von eins bis 9,5 Billionen zählen – das würde etwa 300000 Jahre dauern!

Ungeheure Weite

Die Entfernung ist wohl die faszinierendste aller physikalischen Angaben über Sterne, da sie uns ein wirkliches Gefühl für die Tiefe des Alls vermittelt. Weiß man zum Beispiel, dass Atair im Sternbild Adler 17 Lichtjahre von uns entfernt ist, der benachbarte Deneb im Schwan dagegen mehr als hundertmal weiter draußen liegt, dann wird einem klar, dass man in einen dreidimensionalen Raum hineinblickt.

Ich trage prinzipiell auf allen Sternkarten oder Atlanten, die ich verwende, die bekannten Entfernungen heller Sterne und vieler anderer Himmelswunder ein. Und damit ich diese gewaltigen Distanzen besser verstehe, stelle ich mir oft vor, was hier auf unserer Erde gerade geschah, als das Licht eines bestimmten Sterns seine lange Reise durchs All antrat. So wurde zum Beispiel das Licht von Aldebaran, dem feurigen Auge des Stiers, vor 65 Jahren ausgesandt, als gerade der Zweite Weltkrieg ausbrach. Und das von Beteigeuze im Nachbarsternbild

GLOSSAR

Hipparchos-Skala: Der griechische Astronom Hipparchos schuf im zweiten Jahrhundert v. Chr. ein System, mit dem sich die Sterne einordnen ließen. Die hellsten bezeichnete er als »Sterne 1. Größe«, die schwächsten als solche »6. Größe«.
Die Sternhelligkeit ist ein Maß für die am Beobachtungsort pro Zeit- und Flächeneinheit vom Stern empfangene Energie. Ausgehend vom (weit gehend subjektiven) Hipparchos-System entwickelten Astronomen im 19. Jahrhundert eine physikalisch definierte Größenklassenskala: Ein Schritt auf der Skala entspricht einer gemessenen Helligkeitsänderung um das 2,5fache, zur Festlegung des Skalen-Nullpunktes wies man dem Polarstern die Größe 2,12 zu.
Der Polarstern ist nur der vierzigsthellste Stern am Himmel. Einzigartig ist er also nicht wegen seiner Leuchtstärke, sondern weil er fast direkt überm Erdnordpol liegt.

Schon Kinder spüren eine natürliche Faszination, wenn sie einen klaren Sternhimmel ansehen. Was liegt näher, als ihnen die hellsten unter den funkelnden Lichtern zu zeigen?

C. M. UTTER, NIGHT SKY

Orion begann seine Reise 1484, acht Jahre bevor Kolumbus die Segel für seine erste Fahrt nach Amerika setzte. Bei den uns am nächsten gelegenen Sternen denke ich darüber nach, was in meinem eigenen Leben los war, zum Beispiel vor 25 Jahren, als das Licht der Wega sich auf den Weg zur Erde machte.

In drei Fällen ist in der Tabelle kein einzelner Helligkeitswert, sondern ein Bereich angegeben, da die Helligkeit dieser Sterne pulsiert. Änderungen von wenigen Zehnteln einer Größenklasse fallen einem gelegentlichen Beobachter nicht auf, sodass Aldebarans Helligkeitsschwankungen von 0,2 Größenklassen von den meisten wahrscheinlich unbemerkt bleiben. Die sehr viel stärkeren Schwankungen von Antares und Beteigeuze lassen sich jedoch wahrnehmen, wenn man diese beiden Sterne öfter mit ihren Nachbarn konstanter Helligkeit vergleicht. Tatsächlich war Beteigeuze in den 1940ern kurzfristig auf 2. Größe abgesackt – das heißt, dass er damals vorübergehend seine Mitgliedschaft im Einser-Klub verlor! Beachten Sie, dass alle drei Sterne unregelmäßig schwanken, also keine eindeutige Pulsationsperiode haben. Man weiß nie, wann ihre Helligkeit zu- oder abnehmen wird.

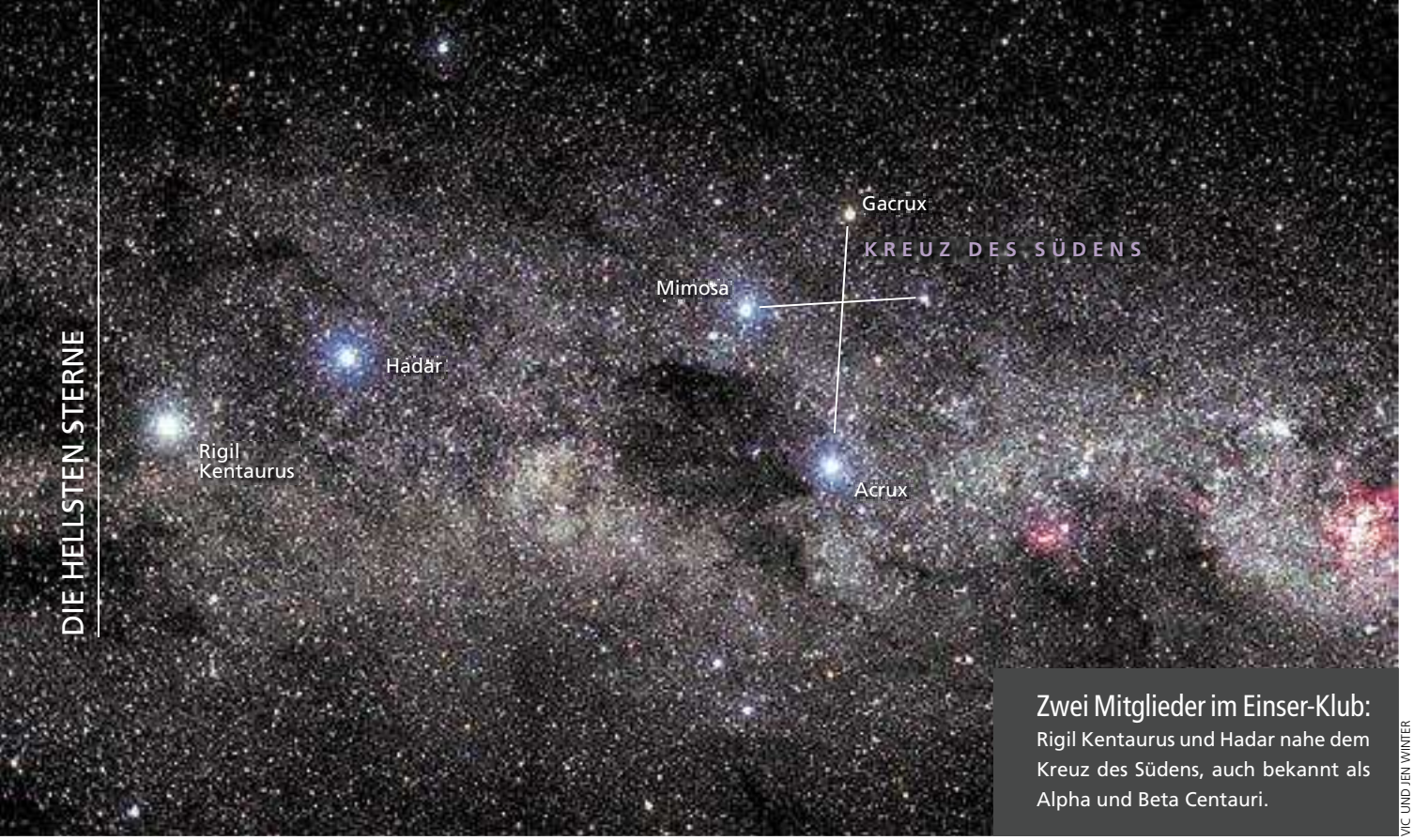
Bunte Pracht im Kosmos

Das Attraktivste an den Sternen sind für mich ihre wunderschönen Farbtöne. Die meisten Menschen meinen, alle Sterne seien einfach nur weiß. Doch es gibt deutliche Farbunterschiede zwischen diesen stellaren Juwelen.

Ein besonders beeindruckendes Beispiel liefern die beiden hellsten Sterne im Orion, dem Himmelsjäger, der im Herbst den östlichen Abendhimmel beherrscht. Beteigeuze leuchtet eindeutig rötlich orange, während Rigel bläulich weiß strahlt. Diese Farbunterschiede sind echt und rühren von Temperaturunterschieden her: Rote Sterne sind relativ kühl, blaue dagegen ziemlich heiß.

Sternfarben kann man mit einem Feldstecher leichter erkennen, weil dieser mehr Licht sammelt und auf die Netzhaut fokussiert als die unbewaffnete Augenlinse allein – genug Licht, um die Farbsensoren des Auges ansprechen zu lassen. Ein nützlicher Trick besteht darin, das Bild leicht zu defokussieren. Dadurch wird das Licht über einen größeren Bereich der Netzhaut verteilt, was die Farbwahrnehmung häufig steigert. Ein ähnliches Ergebnis können Sie erzielen, wenn Sie kurzsichtig sind und eine entsprechende Brille tragen: Nehmen Sie einfach die Brille ab, und schon verwandeln sich die helleren Sterne in farbenprächtige Lichtscheibchen. Durch geduldiges und wiederholtes Beobachten sollten ihre Farben dann auch mit bloßem Auge erkennbar werden.

Sie werden zudem feststellen, dass die hellsten Sterne beim Auf- und Untergehen dicht über dem Horizont ein wundervolles kaleidoskopisches Farbenspiel abgeben. Turbulenzen in der Atmosphäre bewirken hierbei oft, dass von diesen flammenden Leuchtfeuern prächtige regenbogenfarbene Strahlen aufblitzen. Das kann im Feldstecher, aber natürlich auch im Fernrohr – fokussiert oder defokussiert – ein sehr spektakulärer Anblick >



Zwei Mitglieder im Einser-Klub: Rigil Kentaurus und Hadar nahe dem Kreuz des Südens, auch bekannt als Alpha und Beta Centauri.

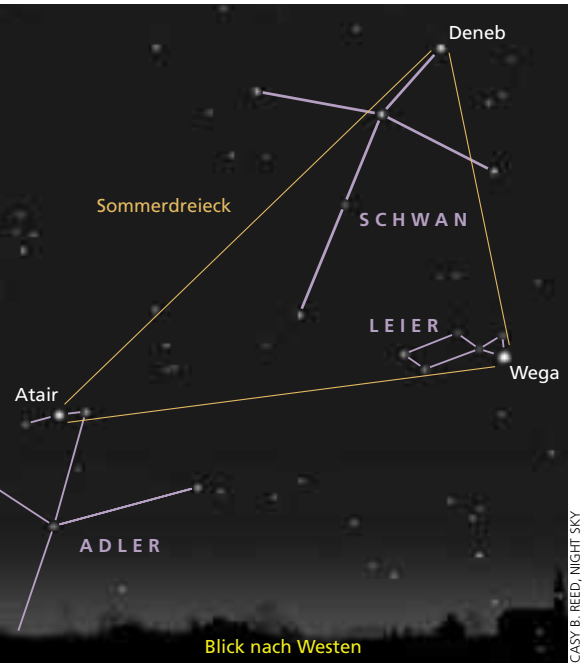
VIC UND JEN WINTER

> sein. Zur Faszination heller Sterne gehören auch ihre oft melodischen, fremdartig klingenden Namen. Die meisten wurden von arabischen Himmelsbeobachtern geprägt, Jahrhunderte bevor Astronomen wie Hipparchos die Bühne betraten. Kennt man die ursprüngliche Bedeutung der Sternnamen, dann macht dies die Beobachtung des Nachthimmels häufig noch interessanter. Beteigeuze zum Beispiel bedeutet »Schulter des Riesen«, was auf die Lage des Sterns in der Figur des Orions hinweist. Sirius dagegen bedeutet »der Versengende«, eine Bestätigung seiner unübertroffenen Leuchtkraft. Im Volksmund heißt Sirius bisweilen »Hundsstern«, weil er der Achtung gebietende Beherrscher des Sternbilds Großer Hund ist, oder manchmal auch »Nil-Stern«, weil er im alten Ägypten jedes Jahr die Nilüberflutung ankündigte, wenn er kurz vor Sonnenaufgang am Morgenhimmel emporstieg.

Ein letzter, nicht minder spannender Aspekt bei der Beobachtung von Mitgliedern des Einser-Klubs ist die von mir so genannte »Photonen-Connection«. Es handelt sich dabei um die verblüffende Erkenntnis, dass einem beim Betrachten ferner Sterne buchstäblich ein Stückchen von ihnen ins Auge gelangt! Jedes Photon im Licht eines Sterns ist Energie, die durch das Verschmelzen von Atomkernen in seinem Innersten freigesetzt wurde. Etwas, das sich einst innerhalb eines Sterns befand, hat die Weiten des interstellaren Raums durchquert und seine lange Reise auf der Netzhaut Ihres Auges beendet! Wenn Sie also den Sternhimmel beobachten, dann nehmen Sie ihn durchaus auch in materiellem Sinne in sich auf.

Das Beste am Beobachten der allerhellsten Sterne ist, dass man sie praktisch nicht verfehlen kann. All diese gleißenden Juwelen sind ohne Feldstecher oder Teleskop klar und deutlich zu erkennen – selbst von erleuchteten Großstädten aus oder in Vollmondnächten. Eine Hand voll von ihnen ist stets bereit, Sie zu begrüßen, ganz gleich zu welcher Nachtstunde oder Jahreszeit. Nehmen Sie sich die Zeit, sie als die wunderbaren himmlischen Persönlichkeiten kennen zu lernen, die sie sind, und Sie werden sich unter dem Sternenzelt niemals allein fühlen.

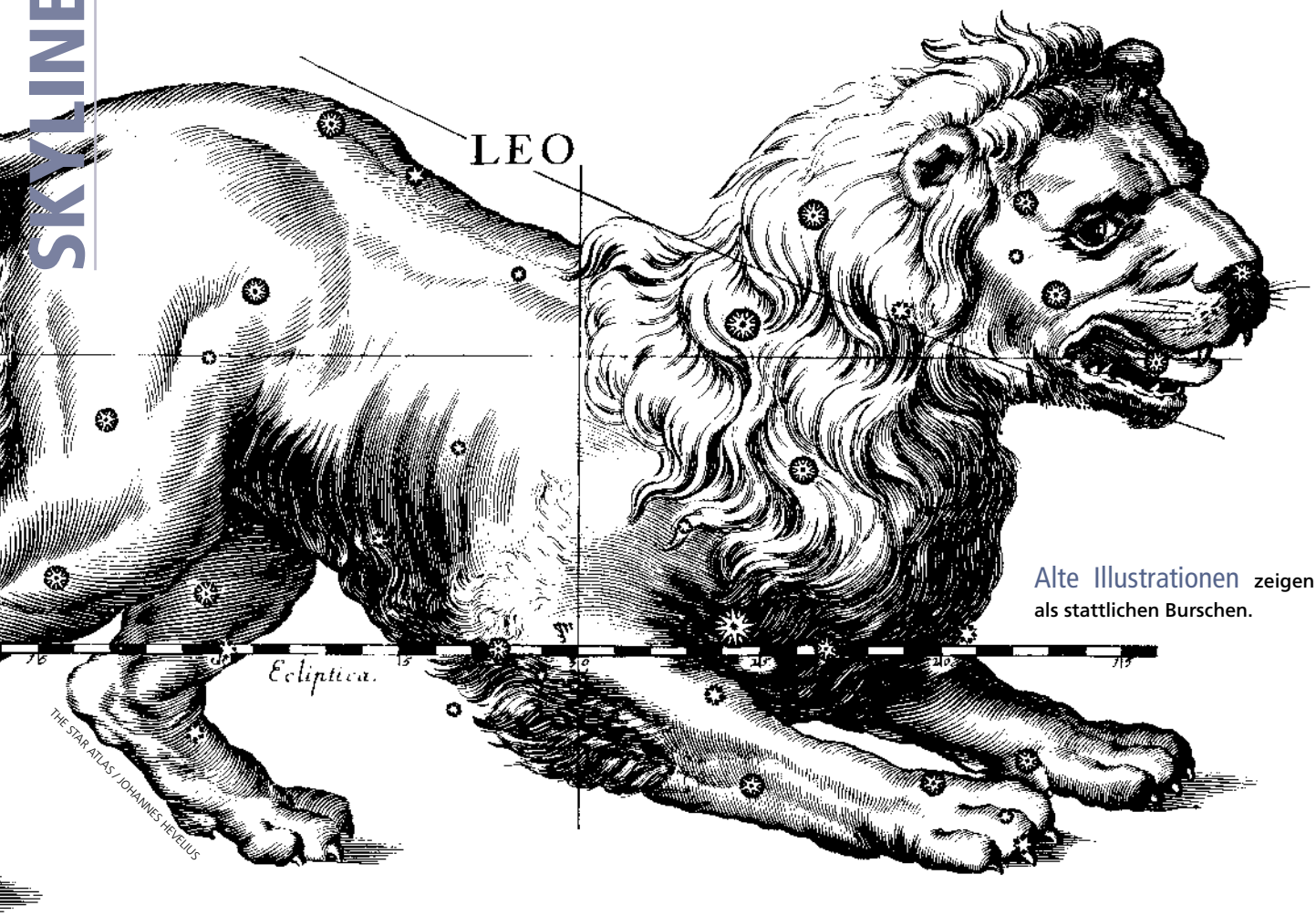
In dem klassischen Werk »The Friendly Stars« (Die freundlichen Sterne) aus dem Jahr 1964 schrieb Martha Evans Martin, dass »die Sterne, die wir am meisten lieben, diejenigen sind, in deren Antlitz wir eine ganze Stunde lang schauen können«. Das habe ich selbst oft getan und kann es jedem Liebhaber des Nachthimmels nur empfehlen – denn es ist entspannte, müßige und zugleich schöpferische Sternguckerei in höchster Vollendung! <<



CASY B. REED, NIGHT SKY

Alle drei Ecken des Sommerdreiecks werden von Mitgliedern des Einser-Klubs gestellt: Deneb, Atair und Wega.

James Mullaney verbrachte mehr als 20 000 Stunden mit Sternguckerei und schrieb über 500 Artikel zur Astronomie. Von ihm stammt auch das Buch »Celestial Harvest: 300-Plus Showpieces of the Heavens for Telescope Viewing & Contemplation«, Dover 2002.



THE STAR ATLAS / JOHANNES HEVELIUS

Alte Illustrationen zeigen Leo als stattlichen Burschen.

Nächtlicher Löwensprung

Er leuchtet hell und ist leicht zu finden: Leo gilt als König des Frühlingshimmels. **>> Tony Flanders**

Wenn ich in einer klaren Nacht draußen herumlaufe, werfe ich einen Blick zum Himmel und prüfe, ob sich meine Freunde, die Sterne, noch an ihrem angestammten Platz befinden. So ist es natürlich immer. Bäume und Vögel mögen sich ändern, Klänge und Gerüche wechseln, Sprache und Gebräuche sich wandeln – doch solange ich auf der Nordhalbkugel bleibe, grüßen mich die vertrauten Sternbilder, wohin ich auch gehe.

Den Sternhimmel kennen zu lernen, dauert ein bisschen und kostet ein wenig Mühe, aber so richtig schwer ist es wirklich nicht. Hauptsache, Sie gehen es langsam und systematisch an. Merken Sie sich zunächst ein paar Wegweiser, die Sie jederzeit leicht wiedererkennen, wenn diese über dem Horizont stehen. Haben Sie das erst einmal hinter sich, dann wird es ziemlich einfach, den Raum dazwischen auszufüllen.

Der Löwe bäumt sich auf

Die wichtigsten Wegweiser im Frühling sind der Große Wagen (er ist ein Teil des Sternbilds Großer Bär, »Ursa Maioris«, UMa, siehe S. 42) und der Löwe (»Leo«).

Die meisten haben schon einmal von Leo gehört, aber nur wenige Menschen wissen, wie sie ihn am Himmel finden. Das ist schade, denn der Löwe ist eines der markantesten und attraktivsten Sternbilder und gehört zu den wenigen, die wirklich so aussehen, wie sie heißen. Ich finde, dass Leo einen besonders löwenhaften Eindruck macht, wenn er sich im Spätwinter oder im Vorfrühling am Osthorizont aufbäumt – seine Hinterbeine zum Sprung gekrümmt. Wenn Sie ihn während der Nacht verfolgen oder immer zur gleichen Nachtzeit während eines Monats, dann werden Sie sehen, wie er am höchsten Punkt seines Sprungs ins Gleichgewicht kommt, um dann kopfüber in den westlichen Horizont hinabzutauchen.

Leo, der König des Frühlingshimmels, ist in diesem Jahr besonders leicht zu finden. Fangen Sie einfach beim Großen

Wagen an: Die zwei Sterne an der Rückseite des Wagens zeigen nach Norden auf den Polarstern zu und nach Süden auf Leo hin.

Im vergangenen Jahr beherbergte Leo den König der Planeten, Jupiter. Der Löwe ist nämlich eines der Sternbilder entlang der Ekliptik; das ist der Pfad, dem die Sonne, der Mond und die Planeten über den Himmel folgen. In diesem Jahr wandert Jupiter allmählich zur Jungfrau hinüber.

Geschichtsträchtige Konstellation

Leo ist eines der 48 Sternbilder, die vor zwei Jahrtausenden von den Griechen festgelegt und benannt wurden. Es gibt starke Hinweise darauf, dass das Sternbild noch dreitausend Jahre älter ist und ursprünglich von den alten Sumerern stammt. Die Griechen glaubten, dass die Sterne dieser Konstellation den Nemeischen Löwen repräsentierten, der vom Mond auf die Erde fiel und von Herkules getötet wurde – das war die erste seiner zwölf Heldentaten.

Wenn Leo an den Abenden des Spätwinters aufzusteigen beginnt, kündigt er an, dass wärmeres Wetter bevorsteht – und den Astronomen sagt er den mit der Milchstraße geschmückten Frühlingshimmel voraus.

Gegen Ende Juni taucht Leo immer genau dann auf, wenn der Himmel gerade vollkommen dunkel geworden ist. Er prophezeit schwüle Tage und eine herrliche Milchstraße während der Nacht.

Leos hellster Stern, der sein Vorderbein darstellt, ist Regulus. Das ist einer der wenigen Sterne mit einem lateinischen Namen. Er bedeutet »Kleiner König« (Regulus ist eine Verkleinerungsform von »Rex«). Die meisten Sternnamen stammen aber aus dem Arabischen, und das kommt daher, dass die westliche Astronomie direkt aus den Arbeiten der großartigen islamischen Astronomen des Mittelalters entstand. Der Name von Leos zweithellstem Stern zum Beispiel, Denebola, ist abgeleitet von Al Dhanab al Asad, der arabischen Bezeichnung für »Schwanz des Löwen«.

Regulus ist das Ende der Sichel, wie der Hals von Leo aus sechs hellen Sternen oft genannt wird (siehe Feldstechertipp S. 40). Andere Leute nennen diese Sternanordnung ein umgedrehtes Fragezeichen.

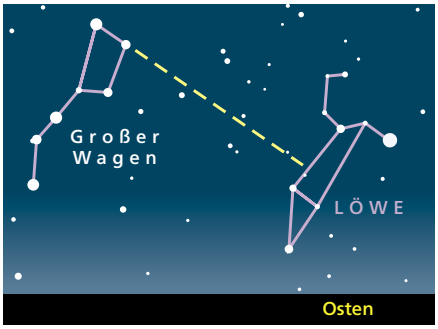
Wenn Sie ein Teleskop haben, dann werfen Sie doch einen Blick auf Algieba, den dritthellsten Stern. Er stellt Leos Schulter dar. Eine zirka hundertfache Vergrößerung zeigt ihn als ein sehr enges Paar goldener Sonnen – es handelt sich um einen der schönsten Doppelsterne am Himmel. Aus dieser Richtung trifft jedes Jahr Mitte November der berühmte Leoniden-Meteorschwarm die Erde. Die Meteore breiten sich dabei von einem Punkt am Himmel strahlenförmig aus, genau wie Schneeflocken von der Mitte einer Straße, wenn Sie in einen nächtlichen Schneesturm hineinfahren.

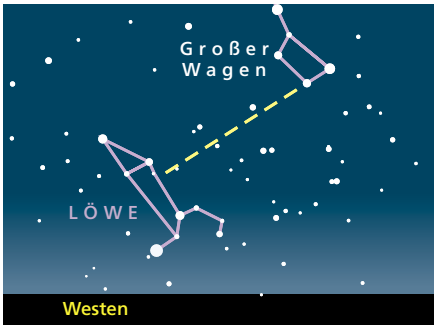
Leo ist extrem nützlich, um benachbarte Sterne und Sternbilder zu finden. Schauen Sie sich einmal die große Sternkarte auf S. 42 an: Eine Linie, die Denebola und Regulus verbindet, zeigt in ihrer Verlängerung auf Prokyon, eines der blendenden Leuchtfeuer am Winterhimmel, und rückwärts auf Arktur, den hellsten Stern des Spätfrühlings und Frühsommers. Eine Linie von Zosma auf Leos Rücken hinab über Denebola erreicht Spika, den hellsten Stern des riesigen Sternbilds Virgo, der Jungfrau.

Aber lassen Sie sich nicht täuschen: Das hellste Objekt in der Jungfrau ist in diesem Jahr der Riesenplanet Jupiter! Eine Linie von Algieba hinab durch Regulus erreicht Alphard, den hellsten Stern von Hydra, der Wasserschlange, die sich vom Spätwinter bis zum Frühsommer am Himmel schlängelt. <<

NIGHT SKY / AH

Das Sternbild Löwe, wenn er im Süden seinen höchsten Punkt erreicht. Im Frühling ist das kurz nach Eintritt der Dunkelheit.





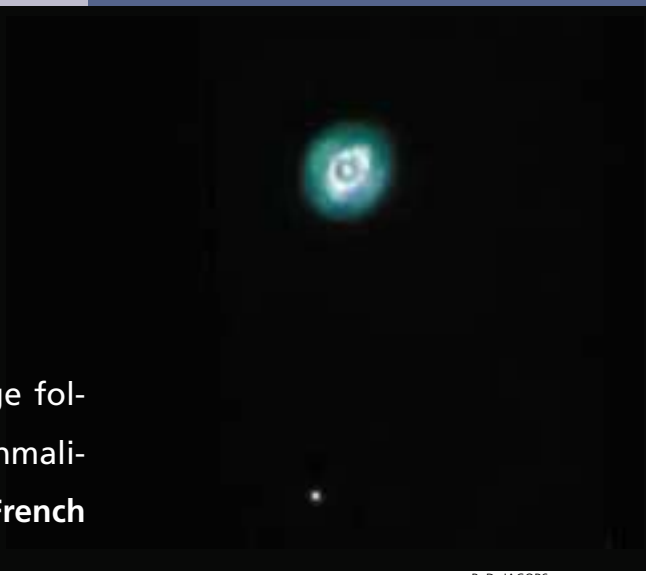
NIGHT SKY / AH

Im Winter geht Leo nach der Dämmerung im Osten auf (links), im Frühsommer hingegen im Westen (rechts). So sieht er auch mitten in der Nacht im Frühling aus.

Tony Flanders war begeistert von den außergewöhnlich vielen Meteoren, die während des Leonidenschauers im Jahr 2001 herabregneten.

SKYLINE

Wundervolle Wasserschlange



Wenn Sie dem gewundenen Sternbild Wasserschlange folgen, können Sie schon mit kleinen Teleskopen viele einmalige Objekte entdecken. **>> Sue French**

R. D. JACOBS

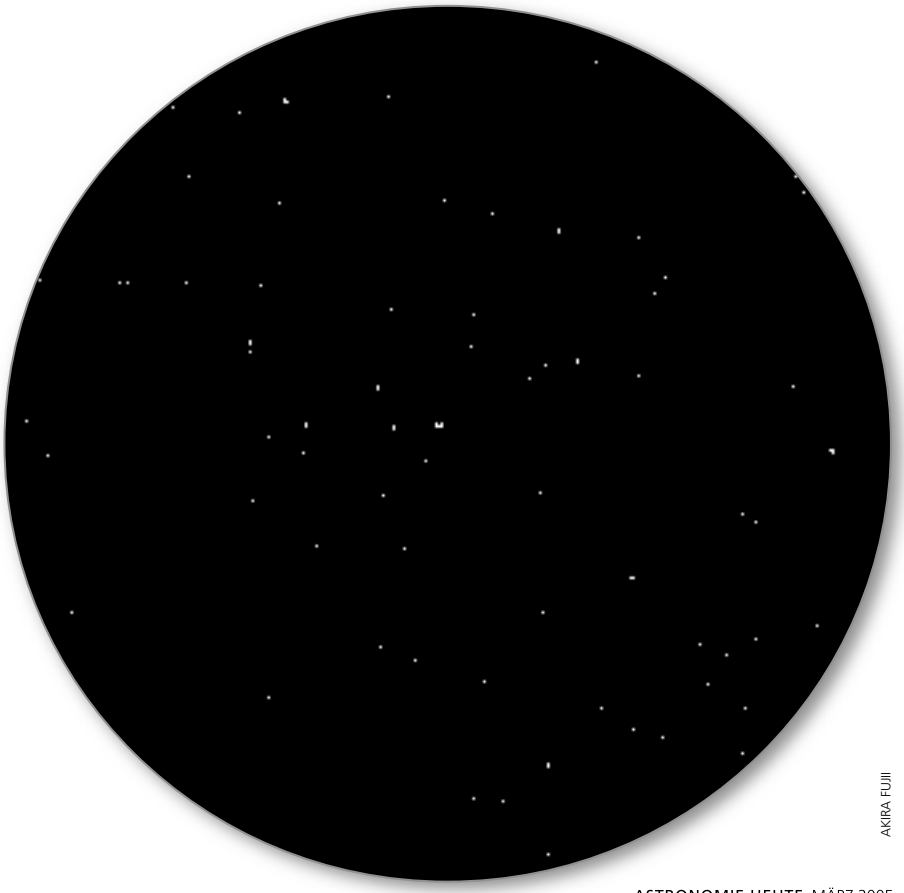
Der Geist des Jupiters zeigt nicht nur in dieser Aufnahme mit einem 12½-Zöller, sondern bereits in kleineren Teleskopen feine Details. Der Stern 11. Größe am unteren Bildrand liegt 2,4 Bogenminuten südlich.

Die Wasserschlange (»Hydra«, Hya) ist das längste und flächenmäßig größte Sternbild am Himmel. Das Reptil windet sich über ein Viertel des Firmaments und nur im Frühjahr steht es nachts komplett über dem Horizont. Und das nur mit Ach und Krach für Beobachter südlich des Mains. Einige Ziele bleiben daher vielleicht immer Ihren Blicken verborgen oder sind zu nah am Horizont, um klare Bilder zu erhalten.

Ein Fünfeck aus Sternen bildet Hydras Kopf (Karte rechts unten, etwas westlich von 9^h), während der Schwanz das Sternbild Waage berührt (nicht mehr abgebildet). Durch ihre enorme Länge kann die Wasserschlange Sternfreunde einen ganzen Abend lang begeistern. Jede Stunde steht ein neues Highlight im Zenit.

Der Reigen beginnt mit M 48, dem hellsten offenen Sternhaufen der Hydra (»Feldstechertipp« AH 1-2/2005, S. 47). Er steht schon früh tief im Westen, Sie sollten also Ihre Beobachtungen mit ihm beginnen. M 48 befindet sich nahe dem 4.-Größe-Stern C Hydrae, der acht Grad südsüdwestlich des Kopfs der Wasserschlange liegt. Sie können C Hydrae sehr leicht erkennen, denn er wird von zwei Sternen 5,6ter Größe flankiert. Wenn Sie nun C Hydrae in der nordwestlichen Ecke Ihres Suchers einstellen, sollte M 48 ebenfalls im Gesichtsfeld liegen.

Bei geringer Vergrößerung bietet M 48 durch ein Fernrohr einen wundervollen Anblick! Mein 104-Millimeter-Teleskop zeigt bei 47facher Vergrößerung mehr als hundert Sterne von 8. bis 12. Größe in einem Feld von fast einem Grad. Innerhalb des zentralen halben Grads stehen die Sterne dichter, während sie am Rand mit den Hintergrundsternen verschmelzen. M 48 wurde lange als verlorenes Messier-Objekt gehandelt, da sich an den Koordinaten, die Charles Messier im späten 18. Jahrhundert angegeben hatte, kein Sternhaufen befindet. Einige ältere Atlanten zeigen die originale, aber falsche Position – was mich in Schwierigkeiten brachte, als ich anfing, mich am Him-



Weites Feld um M 83. So ähnlich wie in dieser Fotografie sieht die Spiralgalaxie in einem kleinen Teleskop aus. Die hellsten Sterne sind auf der Sucherkarte verzeichnet.

AKIRA FUJII

mel umzuschauen. Messier beschrieb M 48 als einen Haufen schwacher Sterne nahe den drei Sternen am Schwanz des Einhorns (»Monoceros«). Diese gehören nach den modernen Sternbildgrenzen aber nicht mehr zum Einhorn – es sind C Hydrae und seine Begleiter. Da der Sternhaufen NGC 2548 auf Messiers Beschreibung passt, identifizieren ihn neuere Atlanten daher mit Messiers Objekt Nummer 48.

Spukhafte Erscheinung

Unser nächstes Ziel ist der hellste Planetarische Nebel im Sternbild Wasserschlange. NGC 3242, auch bekannt als Caldwell 59 oder »Geist des Jupiters« (Bild links oben), wurde 1785 von William Herschel entdeckt. Dieser zog auch als Erster den Vergleich mit dem Riesenplaneten, als er sagte, dass die Farbe des Nebels der des Jupiters gleiche. Allerdings ist mir nicht bekannt, welcher Himmelsbeobachter den Jupiternebel zuerst zu einem Geist machte. Weiß das jemand von Ihnen?

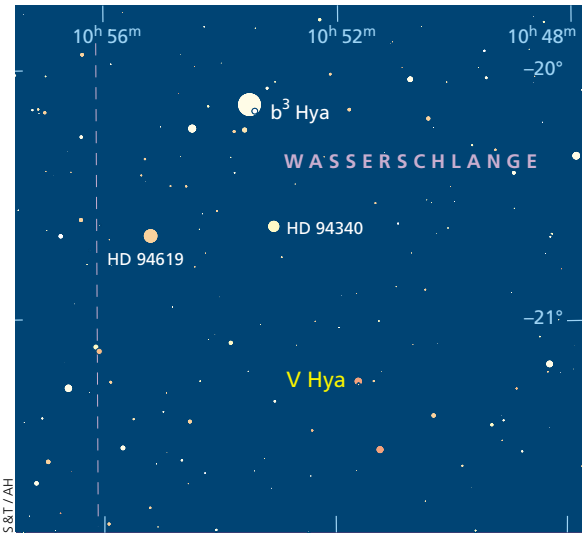
Sie finden ihn jedenfalls 1,8 Grad südlich des Sterns My Hydrae (Hya, 3,8te Größe). Zwar ist der Nebel im Sucherfernrohr einfach auszumachen, doch wirkt er dort wie ein Stern 8. Größe. Sie können ihn durch seine als blau oder grün beschriebene, nicht sehr sternähnliche Farbe erkennen. Bei fünfzigfacher Vergrößerung enthüllt NGC 3242 dann seine wahre Gestalt.

Ein Viertel des Himmels umspannt diese Karte. Sie kennzeichnet auch Sternbilder, die für die Übersichtskarte auf S. 42 zu klein sind, sowie die Ausschnitte der Weitwinkelaufnahme und der Detailkarte.

Entgegen Herschels Behauptung finde ich nicht, dass die Farbe des Nebels der des Jupiters gleicht. Durch meinen kleinen Refraktor erscheint NGC 3242 türkisblau. Bei 203facher Vergrößerung zeigt er sich rund, mit fast gleichmäßiger Flächenhelligkeit, wobei die Ränder etwas ausgefranst wirken. Bei besserem Himmel oder mit einem größeren Teleskop sollten Sie auf die größere Ausdehnung von Nordwesten nach Südosten achten. Sie finden an beiden Enden hellere Flecken und können vielleicht den Zentralstern 12. Größe erkennen.

Gehen wir weiter zum rotesten Stern der Wasserschlange, V Hydrae (V Hya). Es ist ein Kohlenstoffstern, in dessen Atmosphäre sich verschiedene Moleküle befinden, die wie ein Rotfilter wirken. Seine Helligkeit schwankt mit einer Periode von 17 Monaten, die durch eine größere Schwankung von 18 Jahren überlagert wird. Die kürzere Periode lässt den Stern zwischen 9,5ter und 6,5ter Größe schwanken. Das ist bei regelmäßiger Beobachtung auch mit einem kleinen Teleskop gut erkennbar.

Suchen Sie zuerst den 5.-Größe-Stern B3 Hydrae (b^3 Hya, HD 94388). Dieser bildet mit Alpha Crateris (α Crt, Sternbild Becher) und Ny Hydrae (ν Hya) ein rechtwinkliges Dreieck. Alle drei Sterne sehen Sie gleichzeitig im Sucher. Ein Blick durch das Teleskop zeigt bei geringer Vergrößerung, dass B3 Hydrae ein weiteres rechtwinkliges Dreieck mit HD 94619 (6,6te Größe) im Südwesten und HD 94340 (7,1te Größe) im Süden bildet. Wenn Sie es identifiziert haben, ziehen Sie eine leichte Kurve durch B3 Hydrae und HD 94340. Dann verlängern Sie diese auf etwas mehr als das Doppelte und Sie kommen bei V Hydrae heraus.

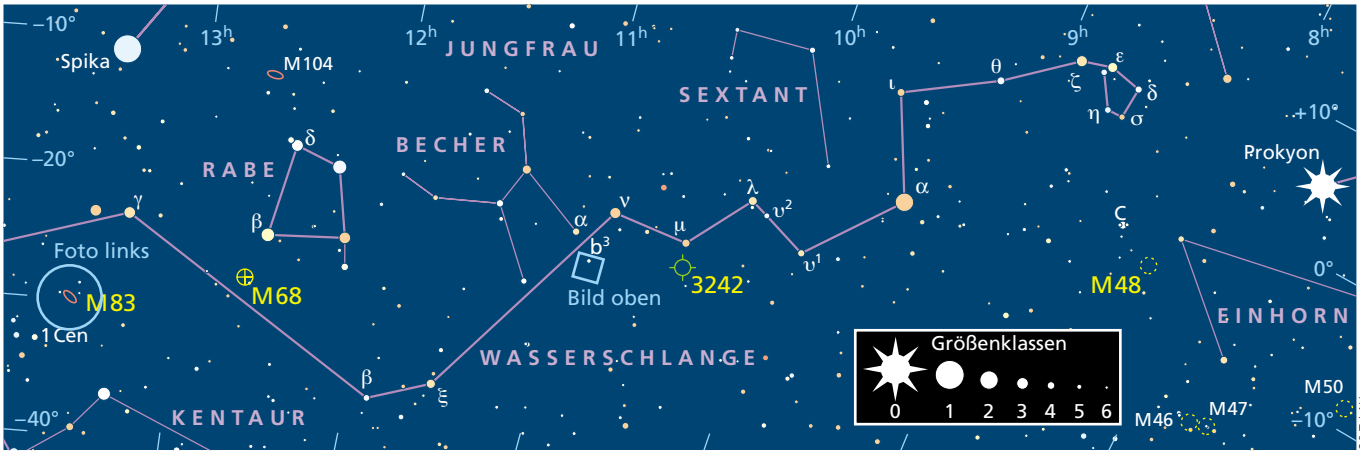


Hart an der Grenze zum Sternbild Becher liegt der Teil der Wasserschlange um den Veränderlichen V Hydrae, einen Kohlenstoffstern.

Die Farbe des Sterns ändert sich mit der Helligkeit von einem Rot-Orange im Minimum bis zu einem Tieforange im Maximum.

V Hydrae scheint ein sterbender roter Riesenstern zu sein, kurz bevor er zu einem Planetarischen Nebel wird. Das geschieht dann durch schnelle Winde an den Polen des Sterns, die nur hundert bis tausend Jahre lang wehen. V Hydrae ist der erste Stern, der genau in dieser Phase unter anderem mit dem Spektrografen des Hubble Space Telescopes beobachtet wird.

Schauen wir uns als Nächstes den hellsten Kugelsternhaufen in Hydra an: M 68. Sie finden ihn am besten ausgehend vom Sternbild Rabe (»Corvus«, Crv). Zeichnen Sie eine gedachte Linie von Delta Corvi (δ Crv) durch Beta Cor- >



> vi (β Crv) und verlängern Sie diese Linie um noch einmal die Hälfte. Am gedachten Endpunkt sollten Sie durch ein nur leicht vergrößerndes Okular einen Stern 5. Größe und ein Nebelfleckchen nordöstlich davon sehen.

Mein 104-Millimeter-Refraktor verwandelt diesen Flecken bei 87facher Vergrößerung in eine Lichtkugel mit neun Bogenminuten Durchmesser. Die Kugel hat einen großen, hellen, gesprenkelten Kern, der von einem dunkleren, zerfaserten Halo schwacher Sterne umgeben ist. Wenn ich die Vergrößerung auf 153fach erhöhe, sind die einzelnen Haufensterne bis direkt zum Kern aufgelöst. Der gesprenkelte Anblick von M 68 veranlasste manche Zeichner, ihn mit dunklen Streifen abzubilden.

Horizontnahe Herausforderung

Unser letztes Ziel ist die hellste Galaxie im Sternbild Wasserschlange. M 83 liegt auf zwei Dritteln des Wegs von Gamma Hydrae (γ Hya, 3. Größe) zum Stern 1 Centauri (im Kentaur, 4. Größe). Beobachter auf der Nordhalbkugel könnten Probleme haben, Letzteren bei hellem Himmel oder trübem Horizont mit bloßem Auge zu sehen. Sollte das der Fall sein, ist Starhopping angebracht. Starten Sie bei Gamma Hydrae und hangeln Sie sich entlang einer gebogenen Linie von Sternen 6. und 7. Größe, die zu leuchtschwach für die Karte auf S. 39 (unten) sind. M 83 steht ein Grad ostsüdöstlich des letzten Sterns dieser Kette und liegt bei geringer Vergrößerung im selben Gesichtsfeld wie dieser.

Bei 127facher Vergrößerung zeigt mein kleiner Refraktor einen kompakten hellen Kern und einen etwas weniger hellen inneren Halo, der von Ostnordost nach Westsüdwest fünf Bogenminuten Ausdehnung hat, in der anderen Achse aber nur zwei Bogenminuten. Er ist wiederum von einem schwachen ovalen Halo mit einem Durchmesser von zirka acht Bogenminuten umgeben. Ich sehe zwar einige hellere Flecken, kann aber die Spiralstruktur nicht erkennen. Drei Feldsterne 10. Größe bilden eine Tangente am südöstlichen Galaxienrand.

Wenn Sie die Wunder der Wasserschlange beobachten, bekommen Sie einen Eindruck von der enormen Größe dieses Sternbilds. Und Hydra geht östlich von M 83 noch 18,5 Grad weiter. <<

Beobachtungsziele im Sternbild Wasserschlange (von West nach Ost)

Objekt	Typ	Helligkeit (Größe)	Ausdehnung (Bogenminuten)	Rektaszension	Deklination	Entfernung (Lichtjahre)
M 48	offener Sternhaufen	5,8	54′	$8^h\,13{,}7^m$	–5° 45′	2500
NGC 3242	Planetarischer Nebel	7,3	0,4′	$10^h\,24{,}8^m$	–18° 39′	2900
V Hydrae	Kohlenstoffstern	6,5 – 9,5	—	$10^h\,51{,}6^m$	–21° 15′	1600
M 68	Kugelsternhaufen	7,8	11′	$12^h\,39{,}5^m$	–26° 45′	33 000
M 83	Spiralgalaxie	7,5	13′ × 11′	$13^h\,37{,}0^m$	–29° 52′	15 000 000

Sue French kann man per E-Mail erreichen (auf Englisch) unter: scfrench@nycap.rr.com.

FELDSTECHERTIPP

20 Millionen Lichtjahre bis NGC 2903

Zu Beginn des Frühlings schmiegt sich die Milchstraße, also die Scheibe unserer Heimatgalaxie, eng an den nördlichen Horizont. Der Staub, den sie enthält, verwehrt uns den Blick auf die Regionen des Himmels, die in dieser Richtung liegen (siehe auch den Artikel »Rauchende Supernovae und staubige Galaxien«, S. 22). Wir haben also in Richtung Zenit und in hohen Lagen um den Meridian (Süden) freien Blick in die schier unendlichen Weiten des Weltalls.

Deep-Sky-Beobachter kommen hier voll auf ihre Kosten und richten ihre großen Instrumente auf Mitglieder des Coma- oder Virgo-Galaxienhaufens (Rubrik Kleinteleskope, AH April 2004). Aber auch für Feldstecherastronomen bieten sich lohnende Ziele. Obwohl beispielsweise der Messier-Objektkatalog mehrheitlich Galaxien enthält, sind diese durch ihre Entfernung meist nicht hell genug, um ihre Pracht schon in Ferngläsern zu entfalten. Doch es gibt sie und NGC 2903 im Sternbild Löwe (»Leo«, S. 36) ist eine davon. Interessanterweise hat sie Charles Messier seinerzeit übersehen, sie trägt dementsprechend keine »M-Nummer«.

Wenn Sie ein 10×50-Fernglas benutzen, werden Sie die Spiralgalaxie als winziges, verschmiertes Lichtfleckchen 1,5 Grad südlich von Lambda Leonis (λ Leo) finden. Das klingt jetzt nicht beeindruckend, ist es aber. Sie müssen sich dabei nur bewusst sein, dass Sie mit einem recht einfachen optischen Hilfsmittel ein Objekt 9. Größe sehen können – durch unsere kosmische Nachbarschaft von Sternen der Milchstraße hindurch und hinweg über eine unvorstellbare Leere von mehr als 20 Millionen Lichtjahren. **>> Gary Seronik**

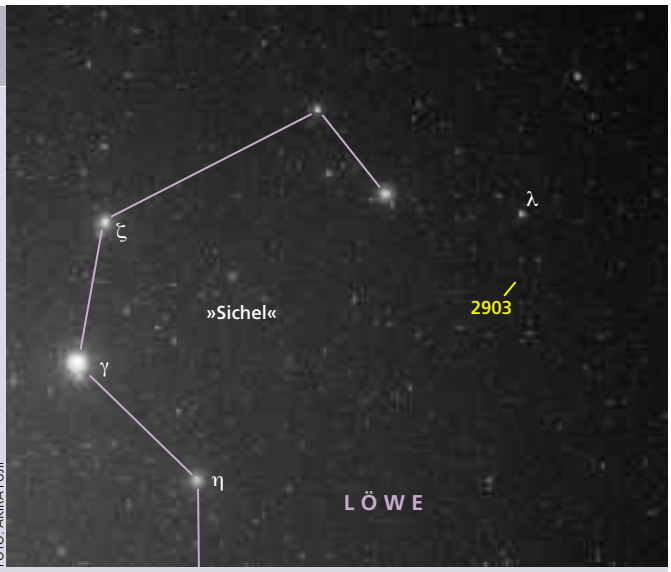
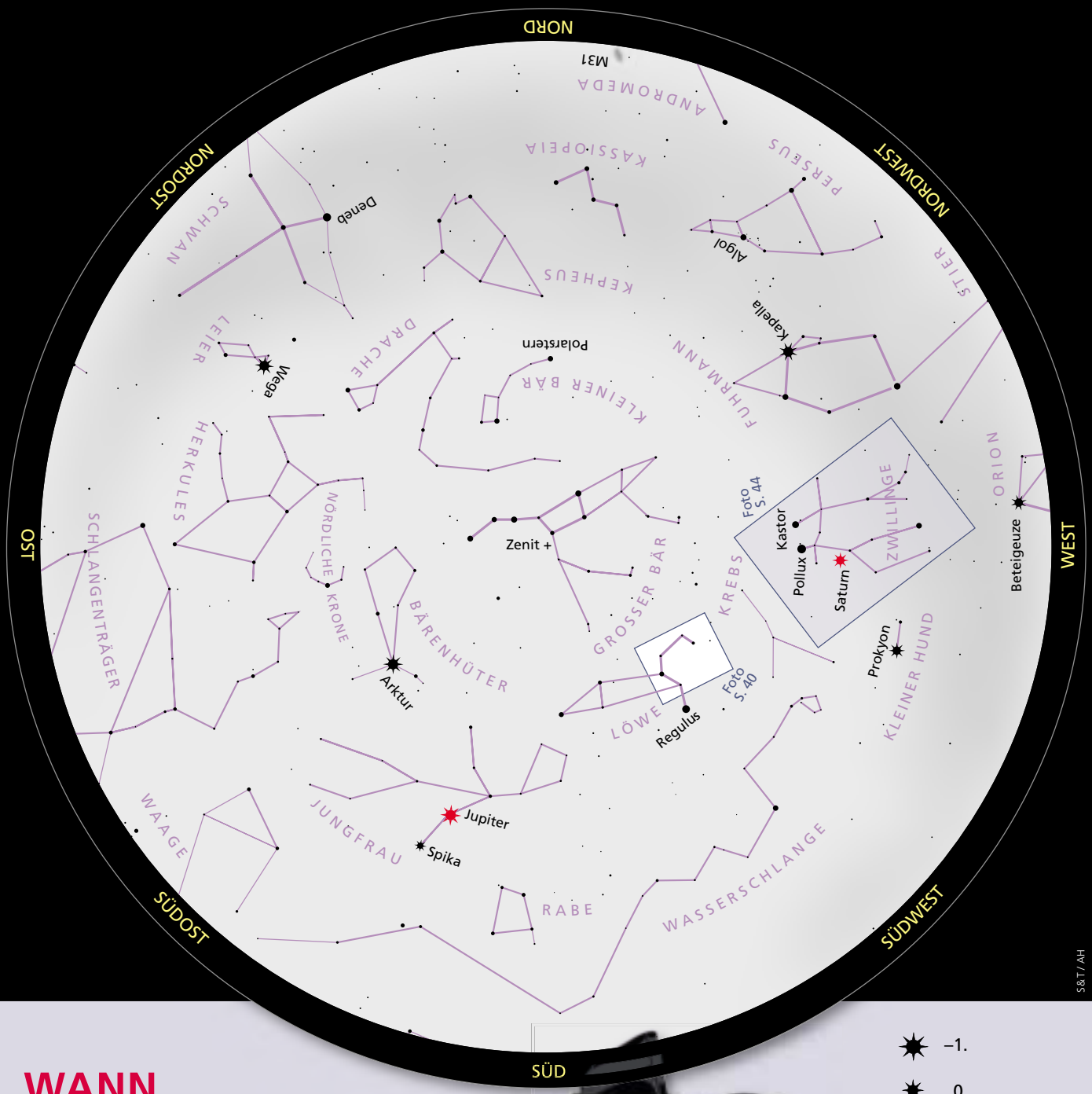


FOTO: AKIRA FUJII

Wie eine Fliege vor dem Löwenmaul **hängt die Spiralgalaxie westlich des Sternmusters »Sichel«.**

SKYLINE



S&T / AH

WANN

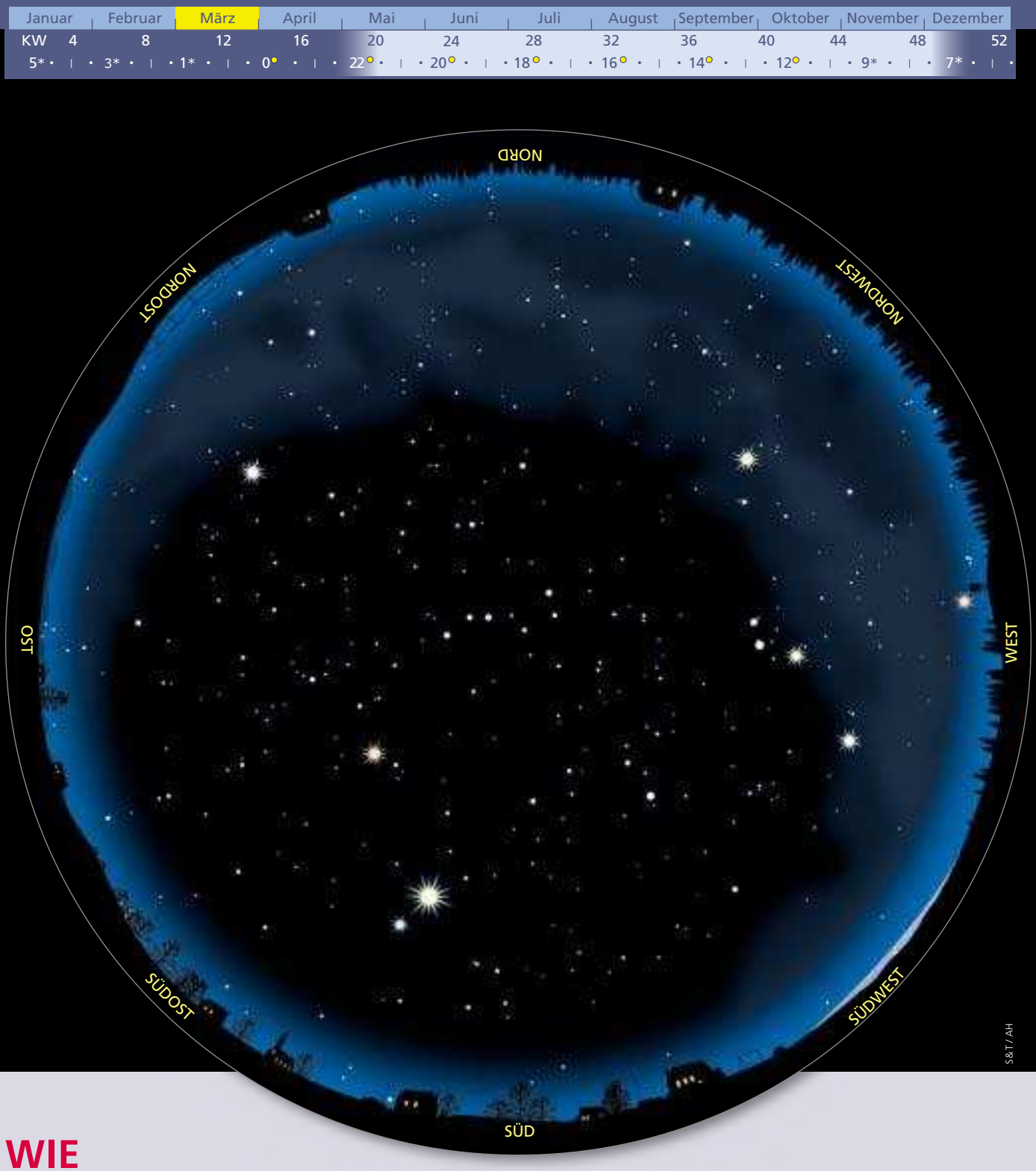
Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

März, erste Hälfte: **1 Uhr***
März, zweite Hälfte: **Mitternacht***
April, erste Hälfte: **Mitternacht°**

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

S&T

–1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse



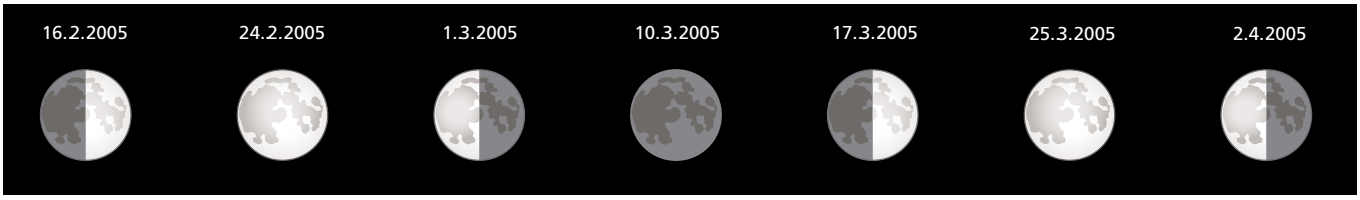
WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmel so, wie er sich Ihnen zu den ganz oben angegebenen Zeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder und Namen der hellen Sterne. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen dann direkt über dem Horizont. Der im Zentrum der Karte dargestellte Himmelsausschnitt befindet sich genau über Ihnen – im Zenit.

Beispiel: Das »Himmels-W« des Sternbilds Kassiopeia steht ziemlich genau im Norden. Der »Große Wagen« – das Hinterteil des Sternbilds Großer Bär – macht sich im Zenit breit, während das Frühlingsdreieck aus Spika in der Jungfrau, Arktur im Bärenhüter und Regulus im Löwen den Südhimmel einnimmt.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.



Auftritt zweier Brüder

Halbhoch im Westen stehen die Zwillinge über den abtauchenden Sternen des Winters. **>> Fred Schaaf**

Um Mitternacht herum leuchtet in der zweiten Märzhälfte ein helles Sternpärchen im Westen auf halbem Weg zum Zenit. Werfen Sie doch mal kurz einen Blick auf unsere Nachthimmelübersicht auf S. 42.

Wir können die beiden Sonnen ein »Paar« nennen, weil sie nur 4,5 Grad auseinander liegen, also weniger als eine halbe Faustbreite bei ausgestrecktem Arm, und fast die gleiche Helligkeit besitzen. Lassen Sie sich aber nicht von dem momentan knapp darunter stehenden Saturn verwirren. Er ist heller als die beiden Sonnen, funkelt jedoch nicht. Die zwei Sterne sind Kastor und Pollux, die hellsten Sterne in den Zwillingen (»Gemini«, siehe Karte S. 43 und unten).

Der griechischen Sage nach waren Kastor und Pollux Brüder der schönen Helena von Troja. Wie Jason gehörten sie zu den Argonauten. Die Römer verehrten sie später als Schutzpatrone der Seefahrer.

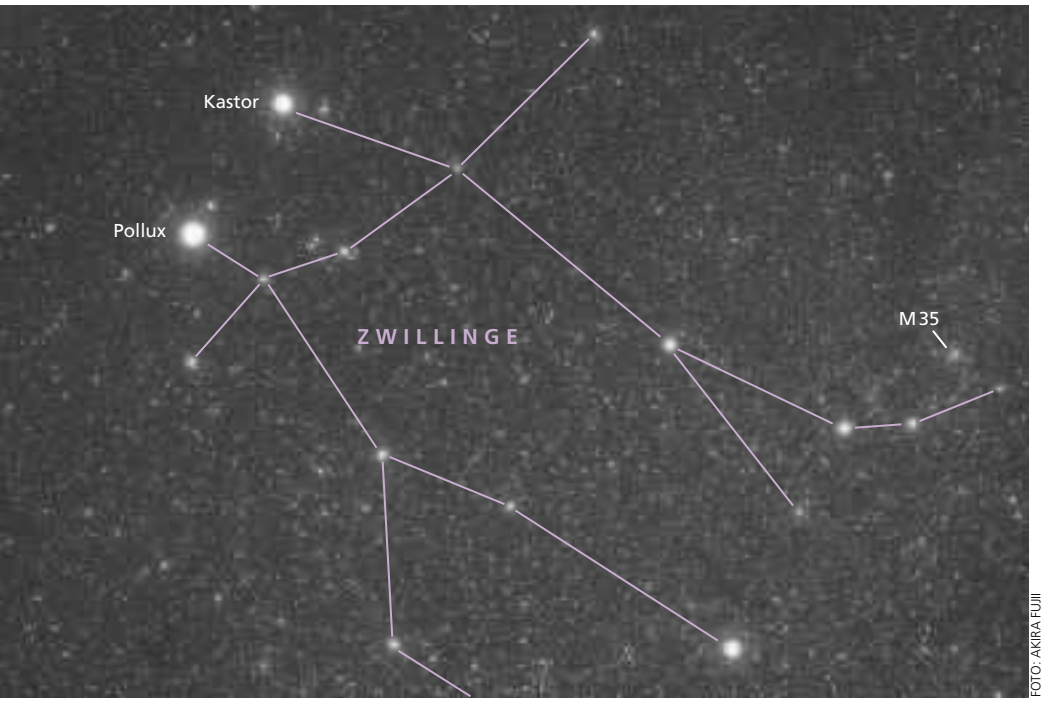


FOTO: AKIRA FUJII

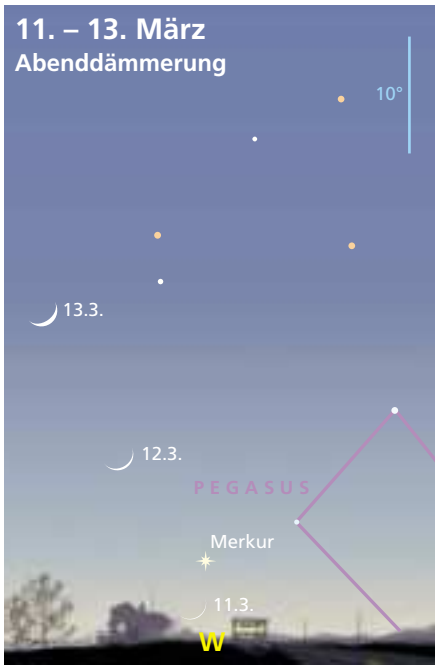
Auch wenn man annehmen könnte, dass die beiden Sterne wie ihre mythologischen Vorbilder Zwillinge sind, unterscheiden sie sich doch in etlichen Punkten voneinander. Pollux ist ein wenig heller und ein wenig orangefarbener als der weiße Kastor, wie Sie gut mit einem Feldstecher überprüfen können. Der wichtigste Unterschied ist, dass Pollux ein einzelner Stern ist, Kastor dagegen ein Doppelsternsystem. Mit einem mittelgroßen Amateurteleskop können Sie bei hoher Vergrößerung Kastors eng stehende Komponenten trennen.

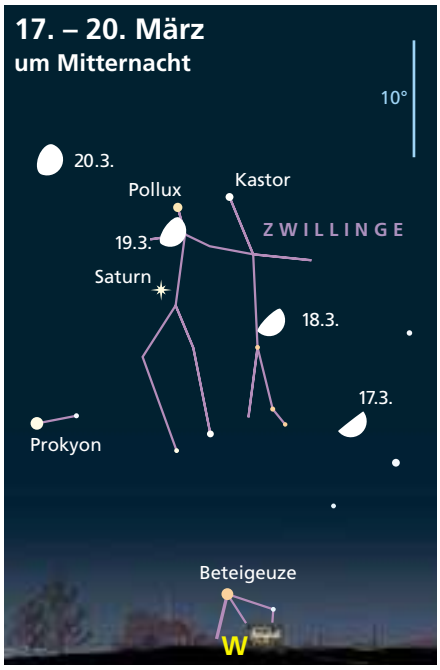
Der Rest des Sternbilds Zwillinge ist mäßig hell und liegt auf der Ekliptik, der Linie, auf der die Tierkreiszeichen liegen und entlang der die Sonne, der Mond und die Planeten wandern. Knapp oberhalb des westlichen Fußes der Zwillinge können Sie mit einem Feldstecher den Sternhaufen M 35 entdecken.

Wenn Sie nach Einbruch der Dunkelheit nach Südwesten schauen, erkennen Sie einen wunderschönen Fächer, den die Zwillinge mit den Wintersternbildern Großer Hund (»Canis Maior«, CMa), Orion (Ori) und Stier (»Taurus«, Tau) bilden. Gegen Mitternacht allerdings, wie auf

Eines der wenigen Sternbilder, das auch so aussieht wie das, was es nach der griechischen Mythologie darstellen soll – Zwillinge.

Gleiche Richtung – anderer Planet Wo Sie am 11. März in der Dämmerung Merkur sehen können, leuchtet Ihnen eine Woche später um Mitternacht Saturn heim.





BEIDE: S&T / AH

unseren Übersichtskarten, blinzelt tief im Westen nur noch ein halber Orion über den Horizont, während die anderen Konstellationen schon untergegangen sind. Lediglich Prokyon im Kleinen Hund (»Canis Minor«, CMi) glänzt zur Linken der Zwillinge, während Kapella im Fuhrmann (»Auriga«, Aur) ihre Rechte ziert.

Nicht ganz auf halbem Weg von Pollux zu Regulus im Löwen (»Leo«, S. 36) befinden sich die leuchtschwachen Sterne des Krebses (»Cancer«, Cnc). Die Mitte dieses Sternbilds liegt beim »Bienenstockhaufen« M44, der heller ist als alle anderen Sterne im Krebs. Schon ohne Hilfsmittel können Sie, weit entfernt von städtischer Lichtverschmutzung, einen diffusen Fleck erkennen. Mit einem Feldstecher werden daraus Dutzende von einzelnen Sternen.

Merkur hat während der Abenddämmerung einen Auftritt als Lichtpunkt tief im Westen. Am besten sichtbar ist er zwischen dem 5. und 15. März. Am 12. März erreicht er seine »größte östliche Elongation«, also den größten Abstand von der Sonne am Abendhimmel.

Saturn ist der helle, nicht funkelnde Gast in den Zwillingen (Grafik oben rechts). Er ist fast die ganze Nacht hindurch sichtbar und steht um 20 Uhr am höchsten. Dann können Sie bei klarem Himmel sogar den Schatten sehen, den der Planet auf seine Ringe wirft. Suchen Sie ihn an der Stelle, an der die Ringe hinter der Planetenkugel verschwinden.

Jupiter geht jetzt bereits nach 20.30 Uhr am Anfang des Monats und schon vor Ende der Dämmerung an den letzten Märztagen auf. Je später Sie ihn betrachten, desto höher steht er und desto schärfer sehen Sie durch ein Fernrohr seine unverwechselbaren Wolkenbänder.

Mars geht kurz vor der Morgendämmerung auf und wird allmählich wieder heller. Er hängt im ersten Licht der Dämmerung tief im Südosten mit einer Helligkeit 1. Größe wie Spika in der Jungfrau.

Venus steht der Sonne zu nahe und ist diesen Monat gar nicht sichtbar.

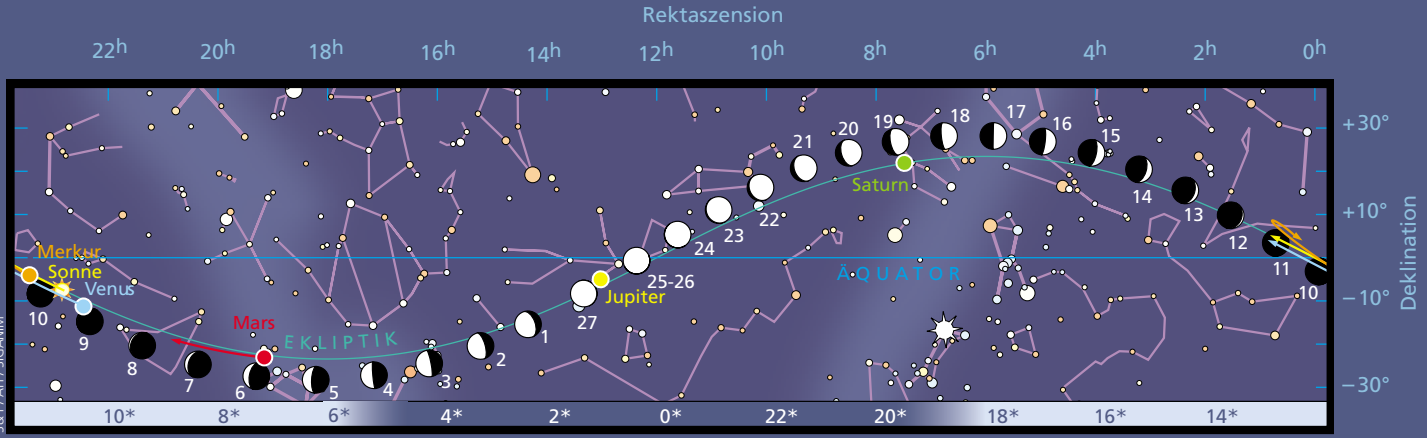
Der **Mond** befindet sich als abnehmende Sichel zur Zeit der Morgendämmerung am 6. März unterhalb von Mars. Am 11. ist die schmale, zunehmende Sichel ein Wegweiser zu Merkur (Grafik oben links). Der Vollmond liegt oberhalb von Jupiter am Abend des 25. März und unterhalb in der folgenden Nacht.

Die **Sonne** durchläuft am 20. März um 13.33 Uhr den Himmelsäquator. Sie gibt damit den Startschuss für den Frühling auf der Nord- und den Herbst auf der Südhalbkugel der Erde. <<

Das Panorama für März zeigt Phasen und Positionen des Monds vom 1. bis zum 27., die Pfeile kennzeichnen die Wege von Sonne und Planeten von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die ungefähre Uhrzeit an, wann der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.

Fred Schaaf wird vom Nachthimmel jeden Abend von seinen Vorschauen zurück in die Gegenwart geholt.

Der Mond und die Planeten im März 2005



S&T / AH / SIGANIM

Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

Wie das Mondgesicht altert

Jahrmillionen war der Mond schutzlos dem Einschlag von Meteoriten ausgesetzt. Der Verwitterungszustand der Krater verrät einiges darüber, wann sie entstanden sind. >> **Charles A. Wood**

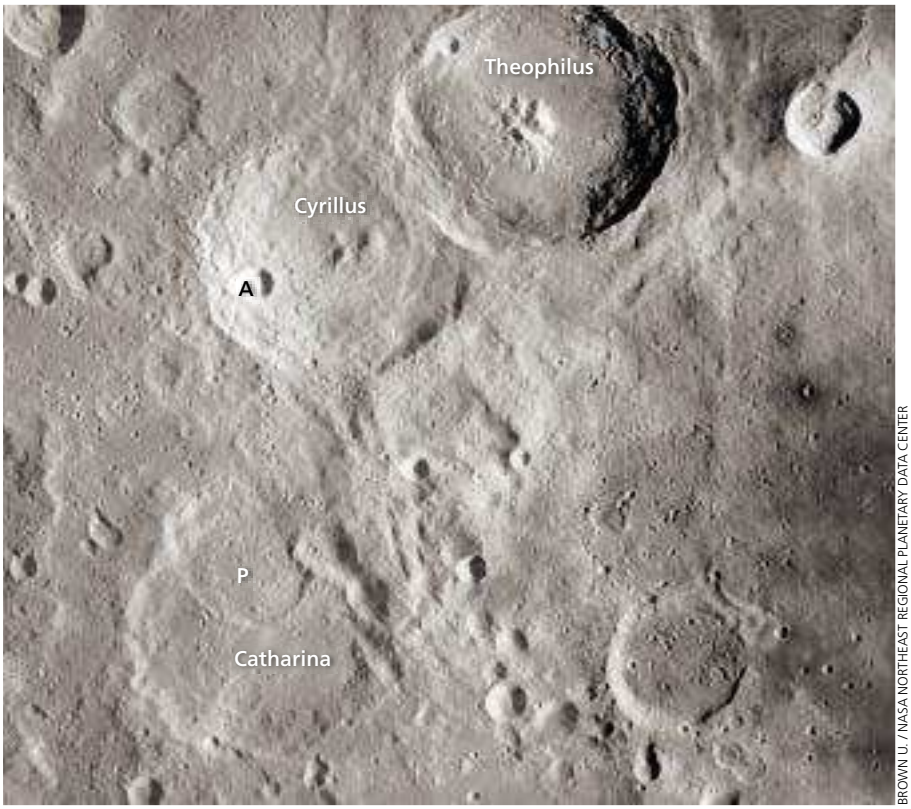
Am Antlitz seines Gegenübers kann man gemeinhin das Alter eines Menschen ablesen. Unser Trabant, der Mond, macht da keinen besonders frischen Eindruck. Gräulich fahl, übersät mit Kratern und Furchen leuchtet er vom nächtlichen Himmel herab. Und nun machen sich in dem durch Meteoriteneinschläge vernarbten Gesicht auch noch Alterserscheinungen bemerkbar. Normalerweise haben Mondkrater eine typische Morphologie, die von ihrer Größe abhängt und von kleinen schüsselförmigen bis hin zu großen komplexen Kratern mit terrassierten Wällen und einem Zentralberg in der Mitte reicht (siehe AH Januar/Februar 2005, S. 40). Abweichungen von diesem Schema gehen vermutlich auf Alterungseffekte zurück. So wurden betagte Krater im Lauf der Zeit von Lava überflutet oder aber spätere Meteoriteneinschläge veränderten deren Aussehen nachhaltig. Ein sehr schönes und lehrreiches Beispiel ist das Trio Theophilus, Cyrillus und Catharina (L8) am Westrand des Mare Nectaris (siehe AH November 2004, S. 46).

Jeder dieser Impaktkrater hat einen Durchmesser von etwa hundert Kilometern und sah zum Zeitpunkt seiner Entstehung ähnlich aus wie Tycho, ein besonders typischer Mondkrater. Offensichtlich ist Theophilus jünger als Cyrillus, denn sein südwestlicher Rand überlagert diesen. Hier bewahrheitet sich eine der wichtigsten Regeln der Mondgeologie: Krater, die auf anderen aufsitzen, sind später entstanden, also jünger als die darunterliegenden. Dieses so genannte Superpositions- oder Überlagerungsgesetz ermöglicht es, die relativen Alter zusammenhängender Mondformationen zu bestimmen.

Wer ist aber im Falle von Cyrillus und Catharina älter? Die beiden überlagern sich nicht und auch Auswurfmaterial des später entstandenen Kraters, das den jüngeren überdecken müsste fehlt – denn Cyrillus und Catharina sind beide so alt, dass sich solche Feinheiten nicht mehr erkennen lassen.

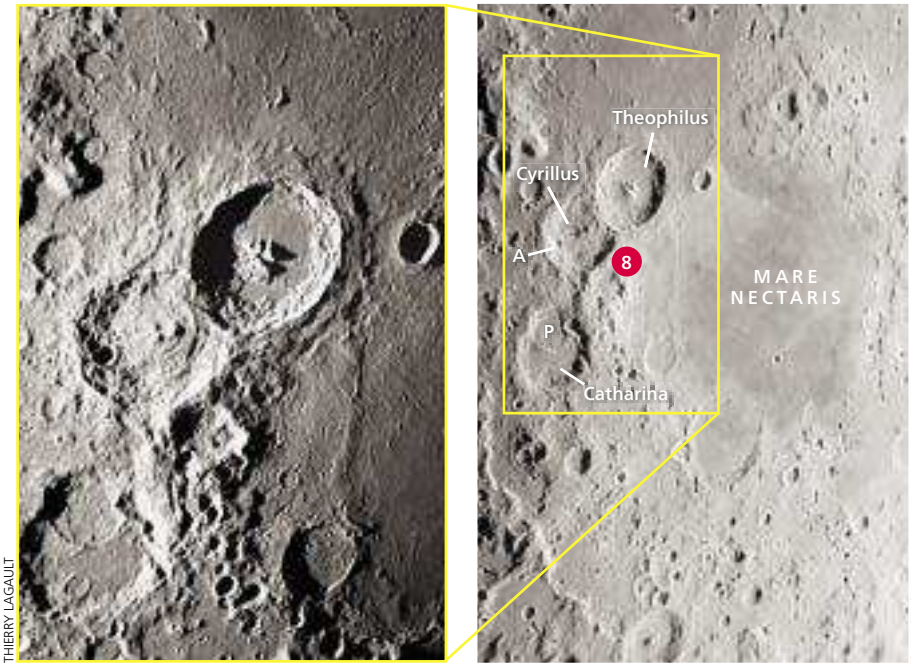
Zur Bestimmung des relativen Alters müssen wir also andere Überlegungen anstellen: Im Lauf der Zeit hat der ständige Regen von Meteoriten die gesamte Mondoberfläche mit Kratern gezeichnet. In den ersten paar hundert Millionen Jahren war diese Einschlagrate sehr hoch und ging dann rapide zurück. Dicht mit Kratern übersäte Gebiete sind also älter. Schauen Sie sich Cyrillus und Catharina unter diesem Aspekt doch einmal genauer an. Sie werden feststellen, dass die einzige sichtbare Spur eines Meteoritenaufpralls in Cyrillus der 16 Kilometer große Krater Cyrillus A ist. Catharina dagegen wurde viermal bombardiert.

Dies hinterließ noch größere Krater, wie etwa den 45 Kilometer großen Catharina P, der Catharinas nördlichen Rand überlagert. Catharina, Cyrillus und Theophilus dürften also logischerweise zeitlich hintereinander entstan-den sein.



BROWN U. / NASA NORTHEAST REGIONAL PLANETARY DATA CENTER

Das spektakuläre Kratertrio
Theophilus, Cyrillus und Catharina auf einer Aufnahme von Lunar Orbiter IV



THIERRY LAGAULT

GARY SERONIK

Wären alle drei Krater zur selben Zeit entstanden, müssten sie fast gleich aussehen, denn sie haben dieselbe Größe. Ihr unterschiedliches Aussehen erklärt sich aber anders: Der nördlichste Krater Theophilus ist am jüngsten, Catharina im Süden am ältesten.

Die Lunar Top 100

8 Theophilus, Cyrillus und Catharina: ein Kratertrio in verschiedenen Verwitterungsstadien

Innerhalb der Kraterwälle finden sich noch mehr Hinweise auf ihr Alter. Drei massive Zentralberge erheben sich 2,2 Kilometer über den ebenen Grund von Theophilus, der eine höhere Albedo hat, also mehr Licht reflektiert als typische Mondmaria. Der Boden und einige glatte Stellen nördlich seines Ringwalls bestehen höchstwahrscheinlich aus Gestein, das von der Energie des Einschlags aufgeschmolzen wurde.

Cyrillus besitzt ebenfalls drei Zentralberge, doch sind diese nur 1,2 Kilometer hoch und teilweise unter den Einschlagtrümmern von Theophilus begraben. Sein Kraterboden ist mit Schutt bedeckt und wird von einer Rille und einem breiten Riss durchzogen. Catharina enthält keine Zentralberge, der Boden ist nicht sehr tief und wurde wahrscheinlich durch Auswurfmaterial späterer Einschläge wieder aufgefüllt – ein charakteristisches Merkmal höheren Alters. Auch die Gestalt der inneren Wälle zeugt vom fortschreitenden Zerfall: Theophilus hat eine große Terrasse mit einem steilen Anstieg zum Kraterrand hin. Rand und Boden von Cyrillus sind vom gleichen Schutt bedeckt, der Anstieg ist nicht so steil.

Relatives und absolutes Krateralter

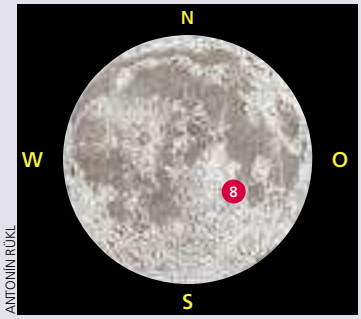
Bei Catharina wurde die ursprünglich sehr scharfe Struktur des Kraterwalls von zahllosen kleineren Einschlägen abgestumpft. Die Verwitterungsspuren an Cyrillus entstanden innerhalb eines kurzen Augenblicks, als er vom Auswurfmaterial des Theophiluseinschlags überdeckt wurde. Catharina war dagegen wohl über längere Zeit dem intensiven Bombardement ausgesetzt. Der große Krater am nördlichen Rand und der kleinere auf dem südlichen Kratergrund sind wahrscheinlich Narben von zufälligen Einschlägen zu verschiedenen Zeiten.

Doch das unregelmäßige Kraterpaar auf dem nordöstlichen Rand und die danebenliegende Lücke zeigen auffällig in Richtung Mare Imbrium. Diese Strukturen sind – wie viele andere unregelmäßig geformte Krater in diesem Gebiet – höchstwahrscheinlich Sekundärkrater, die bei dem Einschlag entstanden, der das Imbriumbecken vor zirka 3,85 Milliarden Jahren formte.

Schauen Sie sich einmal den Umriss von Theophilus etwas genauer an. Seine Form wurde von Cyrillus beeinflusst, der bereits zuvor existierte. Dort, wo sich Theophilus beim Einschlag in Cyrillus eingrub, wurde der Rand des jüngeren durch ein abgerutschtes dreieckiges Gebiet vergrößert. Der innere Wall von Theophilus ist an dieser Stelle am breitesten. Obwohl die meisten Krater durch spätere Einschläge verändert werden, haben wir hier einen Fall vor uns, in dem ein bereits vorhandener die Gestalt eines später entstandenen beeinflusst hat.

Anhand solcher Beobachtungen kann man sehr gut die Abfolge der Ereignisse und somit das relative Alter von Kratern bestimmen. Doch wie ermittelt man deren absolutes Alter? Da keine Gesteinsproben von ihnen zur Laboranalyse vorliegen, fällt diese Möglichkeit aus. Einige logische Überlegungen lassen immerhin eine ungefähre Aussage zu: Offensichtlich sind alle drei Krater jünger als das Nectarisbecken, das vor 3,92 Milliarden Jahren entstanden ist. Catharina und wahrscheinlich auch Cyrillus existierten bereits vor der Entstehung des Imbriumbeckens. Damit lässt sich ihr Alter gut eingrenzen. Theophilus zeigt einige schwache Auswurfspuren und ist mit 1,5 bis 2 Milliarden Jahren wahrscheinlich etwas älter als Copernicus. Vielleicht lacht der Mond über eine solche Schätzung – doch bis heute hat noch niemand eine exaktere Methode gefunden, das Alter der Narben und Furchen in seinem Gesicht zu bestimmen.<<

So finden Sie das Kratertrio



ANTONÍN RÜKL

Günstige Beobachtungszeiten:
14.2.: 18 Uhr; 1.3.: 2 Uhr; 16.3.: 18 Uhr

Charles A. Wood beschäftigt sich lieber mit den natürlichen Alterserscheinungen auf dem Mond als mit seinen eigenen.

ALEXANDER KARL

Das karibische Diplom

Wie ein deutscher Student die kubanische Astronomie kennen lernte

>> Frank Schubert

25 Jahre alt ist die Technik der radioastronomischen Station Havanna – aber sie funktioniert. Nach wie vor leisten die Geräte unerschütterlich ihren Dienst.

Ein Brot kostet dort in Euro umgerechnet drei Cent, und wenn man es auf Lebensmittelkarte kauft, dann nur noch ein sechzigstel Cent.« Wenn Alexander Karl von Kuba erzählt, weiß er Erstaunliches zu berichten. Der 27-Jährige, der in Aachen Luft- und Raumfahrt studiert hat, hielt sich von Februar bis Mai vergangenen Jahres in dem karibischen Inselstaat auf, genauer: in dessen Hauptstadt Havanna.

Karl war allerdings nicht zu Urlaubszwecken dort, sondern um seine Diplomarbeit zu schreiben. Er arbeitete am kubanischen Institut für Geophysik und Astronomie und seine Aufgabe bestand darin, ein Radioteleskop zu modernisieren. Wie kommt man darauf, für die Diplomarbeit ausgerechnet nach Kuba zu gehen?

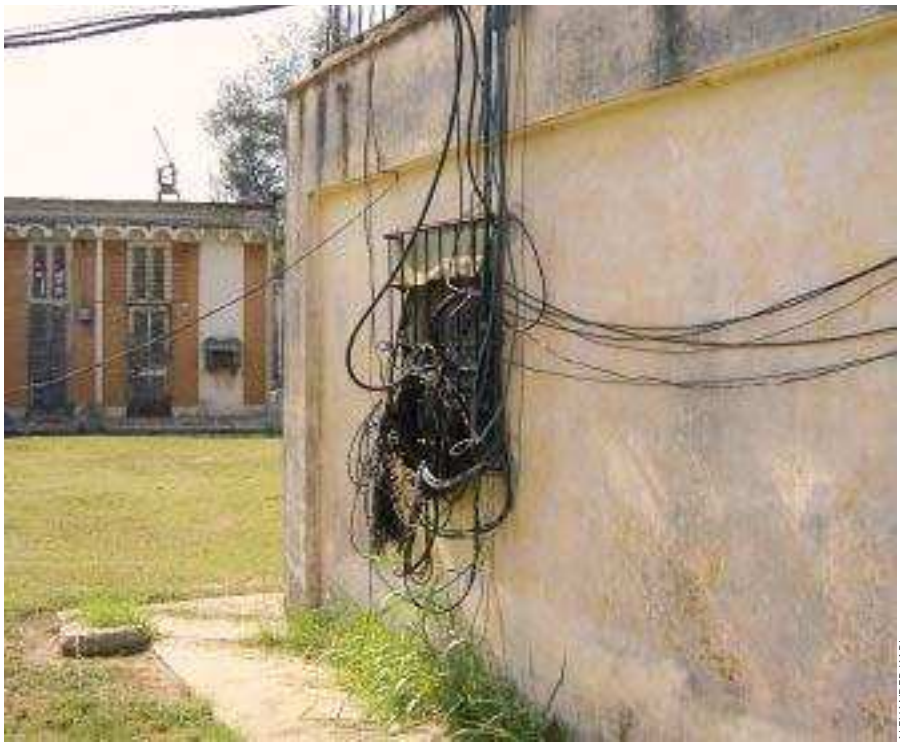
Unbedingt spanisch

»Ich wollte meinen Abschluss unbedingt in einem spanischsprachigen Land machen«, erzählt Karl, »und da tat ich zunächst das nahe Liegende: Ich bewarb mich in Spanien.« Doch im Land der Toreros fand sich keine geeignete Stelle. Über Umwege kam Alexander Karl dann an die Adresse eines Astronomen, der auf Kuba arbeitet und ihm dort auch eine Stelle für seine Diplomarbeit vermitteln konnte. Die Karibikinsel war Karl nicht unbekannt: Schon einmal war er dort gewesen, um an einem Spanischkurs teilzunehmen – fünf Wochen lang, im Jahr 2001. So fiel ihm die Entscheidung, nun für ganze drei Monate nach Kuba zu gehen, nicht schwer.

Nachdem er ein Formular ausgefüllt, die Zustimmung von drei Professoren eingeholt und ein knappes Jahr gewartet hatte, war es endlich so weit. Im Februar begann er seine Arbeit an der radioastronomischen Station Havanna. »Die Kubaner betreiben dort ein Radioteleskop zur Sonnenbeobachtung, das noch die Sowjets mit aufgebaut haben«, berichtet Karl,

»Kuba ist ganz anders«, sagt Alexander Karl. Der Luft-und-Raumfahrt-Absolvent kennt sich in Havanna mittlerweile recht gut aus. Die abenteuerliche Verkabelung der dortigen Radiostation (unten) würde der deutsche Tüv wohl nicht abnehmen.

FRANK SCHUBERT / ASTRONOMIE HEUTE



ALEXANDER KARL

»dementsprechend ist die Technik ungefähr 25 Jahre alt.« Die einheimischen Radioastronomen hatten deshalb vor etwa einem Jahr beschlossen, das Radioteleskop zu modernisieren – ein längst überfälliges Unterfangen, denn die wenigen Computer auf der Station waren mindestens zehn Jahre alt, die Messdaten wurden mit einem vorsintflutlichen Schreiber auf Papierrollen aufgezeichnet und die Teleskopantenne musste per Hand nachgeführt werden.

Aber mit der technischen Modernisierung ist es auf Kuba nicht so leicht. Schuld daran sind das fehlende Geld – und das von den USA verhängte Handelsembargo. Die radioastronomische Station Havanna bekam für ihr Sanierungsvorhaben eine Summe von etwa viertausend Dollar vom kubanischen Bildungsministerium bewilligt.

Kleine Summe, großer Effekt

Davon kauften die Radioastronomen einen neuen Computer, besorgten elektronische Bauteile für die automatische Steuerung der Antenne und bestritten die anfallenden Personalkosten von acht Mitarbeitern.

Viertausend Dollar für die Erneuerung eines Radioteleskops – das dürfte den meisten hier zu Lande reichlich knapp bemessen erscheinen. Für kubanische Verhältnisse ist das jedoch eine stattliche Summe. »Der gesetzlich garantierte Mindestlohn auf Kuba beträgt umgerechnet sieben Dollar im Monat«, erläutert Karl. »Am besten verdienen dort die Polizisten: Sie bringen 28 Dollar im Monat nach Hause – das ist das Doppelte von dem, was ein Minister bekommt.« Angesichts solcher Verhältnisse ist die Anschaffung eines modernen Computers eine gewaltige Investition. Außerdem: Auf Grund des Handelsembargos dürfen viele Elektronikartikel und Computerprogramme offiziell gar nicht nach Kuba verkauft werden. So mancher Personalcomputer, der in kubanischen Instituten steht, kam über dubiose Mittelsmänner und Schwarzmärkte ins Land.

Die viertausend Dollar des kubanischen Bildungsministeriums reichten denn auch nicht für die komplette Modernisierung des Radioteleskops. »Mit dem Geld konnten nur die ersten zwei Drittel des Vorhabens bestritten werden«, erklärt Karl. Was noch fehlt, ist eine moderne Lösung für die Verarbeitung der Messdaten beziehungsweise die Signalverarbeitung. Die Antenne misst die »solare Flusseinheit« bei verschiedenen Gigahertz- und Megahertz-Frequenzen – ein Maß für die Strahlungsleistung der Sonne im Bereich der Radiowellen. Bisher wird das Antennensignal in so genannte Tieffrequenzblöcke geleitet – kühlschrankgroße Rechenmaschinen sowjetischer Bauart, die einem Technikmuseum alle Ehre machen würden. Sie filtern das Signal, rechnen es in die solare Flusseinheit um und zeichnen die berechneten Werte als Messkurve auf.

Für seine Diplomarbeit sollte Alexander Karl eine möglichst moderne und preiswerte Alternative zu den Tieffrequenzblöcken entwickeln. Die Antennendaten, so der Wunsch der kubanischen Astronomen, sollen künftig elek- >

BEIDE FOTOS: ALEXANDER KARL

Nach einem Tropensturm untersuchen kubanische Astronomen eine Teleskopantenne auf Schäden (links). Zur Demonstration am 1. Mai kommt man in Havanna gern in angemessener Bekleidung (rechts).

> tronisch verarbeitet und aufgezeichnet werden. Nach drei Monaten intensiver Recherche hatte Karl einige gute Lösungen gefunden. Demnach wäre es am günstigsten für die Kubaner, einen bestimmten Typ elektronischer Bauteile zu kaufen, diese zu modifizieren und anschließend selbst zu programmieren. Kostenpunkt dieser Variante: insgesamt rund vierhundert Dollar.

»Diese Summe kann das dortige Institut aber nicht bezahlen«, sagt Karl. Wenn die kubanischen Astronomen Glück haben, dann bekommen sie den Betrag irgendwann vom Bildungsministerium gesponsert – wenn es schnell geht, in einem Jahr. Doch bislang wurden die Mittel noch nicht einmal beantragt – warum, das weiß Karl nicht. Möglicherweise ist einfach kein Geld da, vielleicht gibt es aber auch Beschränkungen, wie häufig eine Abteilung Unterstützung erhalten kann.

Seit Juni 2004 ist Alexander Karl wieder in Deutschland. Sein Diplom hat er inzwischen in der Tasche, lebt in der Nähe von Düsseldorf und ist auf Jobsuche. Mehr als vierhundert Fotos hat er in Kuba geschossen – darunter auch jene vom ersten Mai, als sich Hunderttausende in Havanna versammelten und Staatschef Fidel Castro eine seiner berühmten Reden hielt. Der greise Revolutionsführer fasste sich an jenem Tag kurz: Nur zwei Stunden währte seine Ansprache – wenig im Vergleich zu den vier- bis sechsstündigen Monologen, die er bisweilen öffentlich zu halten pflegt und die ungekürzt im Fernsehen übertragen werden. »Auf dem Versammlungsplatz war während seiner Rede jedoch nur wenig von kämpferischer Revolutionsstimmung zu spüren«, erzählt Karl. »Das Ganze wirkte ein bisschen wie ein Volksfest.« Die Leute nutzten die Zusammenkunft zu Plaudereien, tanzten auf den Straßen oder gingen nach der Veranstaltung etwas trinken.

Die drei Monate in Kuba waren für Karl eine intensive Begegnung mit einer fremden Welt: »Kuba ist ganz anders. Wenn man hinkommt, erscheint einem dort alles ganz eigenartig. Und wenn man wieder zurückkommt, erscheint einem hier in Deutschland alles ganz seltsam.« Ob er wieder hinfahren würde? Alexander Karl überlegt nicht lange: »Jederzeit.« <<

Zugriff verweigert

WWW.KRAMBOX.DE/MEDIA/1/20031216-JAVA.JPG

Das Kuba-Embargo hat zum Teil absurde Auswirkungen. Computernutzer können nicht einmal grundlegende Programmiersprachen aus dem Internet herunterladen. Das ist etwa so, als würde man den Deutschen verbieten, E-Mails zu verschicken. 1960 verhängten die USA ein partielles, 1962 ein totales Handelsembargo über die Karibikinsel. Es gilt bis heute uneingeschränkt.

Frank Schubert würde auch gern einmal die Sonne auf Kuba inspizieren – natürlich rein wissenschaftlich.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Carl Friedrich Gauß

Die Göttinger Sternwarte, Arbeitsplatz von Gauß, auf einem Gemälde aus dem Jahr 1816

Diesen Monat jährt sich der 150. Todestag des Mathematikers Carl Friedrich Gauß. Mit seiner Methode konnten Astronomen die Bahnen der Körper im Planetensystem berechnen.

Neujahrstag 1801. Wenige Nächte zuvor war Neumond gewesen, und so stört kein Mondlicht den Beobachter im Turm der Sternwarte von Palermo. Dessen Direktor, der Astronom und Theologe Giuseppe Piazzi, bestimmt an diesem Abend die Positionen einiger Sterne im Sternbild Stier für seinen Sternkatalog, an dem er schon seit neun Jahren arbeitet und der nach seiner Fertigstellung die Koordinaten von 7500 Fixsternen enthalten soll. Normalerweise überprüft er die Messungen an vier weiteren Nächten, bevor er sie in seinen Katalog aufnimmt. Denn damals standen die Institutsdirektoren noch in jeder klaren Nacht selbst am Fernrohr.

Ein neuer Planet

Schon bei der zweiten Beobachtung merkt er, dass einer der Sterne sich inzwischen ein Stückchen nach Westen bewegt hat. Da das Objekt keinen Schweif zeigt, kann es kein Komet sein. Piazzi verfolgt die Erscheinung in den nächsten Wochen weiter, aber am 11. Februar erkrankt er. Zwar hat er zuvor noch andere Astronomen über seine Entdeckung informiert, doch noch ehe die Empfänger die Nachricht erhalten, ist der rätselhafte Himmelskörper an den Taghimmel gewandert und kann vorläufig nicht mehr beobachtet werden. Piazzis Aufzeichnungen sind zu spärlich, um mit ihnen die Bahn und damit die Natur des Körpers bestimmen zu können. Eifrig versuchen die Astronomen jener Zeit, aus Piazzis Daten die Bahn des neuen Himmelskörpers zu bestimmen und damit herauszufinden, wann er wieder am Nachthimmel auftaucht. Doch ohne seine Bahn genau zu kennen, ist das unmöglich. Ist der neue Himmelskörper, kaum entdeckt, also schon wieder verloren? Oder hat sich Piazzi einfach nur geirrt?

In Jena kam inzwischen ein junger Philosoph namens Georg Wilhelm Friedrich Hegel in seiner Doktorarbeit zu dem Schluss, dass aus logischen Gründen nicht mehr als sieben Planeten die Sonne umkreisen können. Mit den damals bekannten Planeten Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn und Uranus war dieses Maß bereits voll.

Der 26-jährige Gelehrte auf einer zeitgenössischen Darstellung

Es ist das Genie eines jungen Mathematikers in Braunschweig, das den verschwundenen Stern wieder in das Gesichtsfeld der Astronomen rückt. Carl Friedrich Gauß, im Jahre 1777 in Braunschweig geboren, wuchs in einfachen Verhältnissen auf. In der Schule fällt er durch seine außerordentliche Begabung auf,

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Carl Friedrich Gauß **im fortgeschrittenen Alter vor dem Eingang seiner Sternwarte in Göttingen**

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

und so wird er im Alter von 14 Jahren seinem Landesherrn Herzog Carl Ferdinand von Braunschweig vorgestellt. Der gewährt dem Jungen ein Stipendium, das ihm ermöglicht, im Alter von 15 Jahren das Collegium Carolinum in Braunschweig zu besuchen, aus dem später die Technische Universität hervorgehen wird. Damit beginnt die schöpferische Zeit des jungen Gauß. Er versucht sich an Problemen der Zahlentheorie, wie etwa der Häufigkeitsverteilung der Primzahlen. Mit 18 Jahren schreibt er sich an der Göttinger Universität ein. Es gelingt ihm zu zeigen, wie man mit Zirkel und Lineal ein regelmäßiges 17-Eck konstruieren kann. Von nun an folgt eine Fülle mathematischer Entdeckungen, die er in seinem »Notizen-Journal« niederschreibt. Er ist ein hervorragender Zahlenrechner und stößt durch Probieren auf Gesetzmäßigkeiten, die er anschließend beweist.

Im Jahr 1799 promoviert er an der damaligen Landesuniversität in Helmstedt. Zwei Jahre später erscheinen seine »Disquisitiones arithmeticae«, in denen er die Grundlagen der Zahlentheorie darlegt. Das Werk wird die Mathematiker der nachfolgenden Jahrzehnte und weit darüber hinaus beschäftigen.

Gauß, der Astronom

Im Jahr 1801 erfährt auch Gauß von Piazzis Entdeckung. Dieser hat dem neuen Himmelskörper inzwischen den Namen Ceres, der Schutzgöttin von Sizilien, gegeben. Der junge Gauß ersinnt eine neue Rechenmethode, mit der man die Bahn eines Planeten aus mindestens drei Beobachtungen bestimmen kann. Beobachtungsfehler erschweren die Berechnung der genauen Bahnellipse und lassen ihn nur die wahrscheinlichste aller Bahnen finden.

Doch das genügt Gauß, um vorauszusagen, wo man Ceres am Himmel wiederfinden kann. Vom November 1801 an suchen die Astronomen an der von Gauß vorausgesagten Stelle am Himmel nach dem Kleinplaneten, doch schlechtes Wetter behindert sie in den ersten Wochen. Gegen Ende des Jahres setzt in Deutschland starker Frost ein, Nebel und Wolken verschwinden und geben den Blick auf den Nachthimmel frei. Am 1. Januar 1802, auf den Tag genau ein Jahr nach der Entdeckung, findet der Direktor der Sternwarte in Gotha, Franz Xaver von Zach, den neuen Planeten nahe der von Gauß vorhergesagten Stelle wieder.

Bald entdecken die Astronomen weitere neue Körper, deren Bahnen mit der Gauß'schen Methode berechnet werden. Es sind Kleinplaneten oder Asteroiden, von denen die Astronomen inzwischen tausende zwischen Mars- und Jupiterbahn identifiziert haben. Die Durchmesser der größten bekannten liegen bei etwa tausend Kilometern, die der kleinsten nur bei einigen hundert Metern.

Mit der Berechnung der Ceresbahn beginnt die astronomische Schaffensperiode von Gauß. Im Jahre 1807 erhält er einen Ruf als Professor für Astronomie nach Göttingen und zieht bald danach in die neue, damals vor den Toren Göttingens gelegene Sternwarte. In ihr wohnt und arbeitet er, bis er dort im Februar 1855 – vor genau 150 Jahren – stirbt.

Anfang des 19. Jahrhunderts fragen sich die Gelehrten, ob die Erde eine exakte Kugel ist oder nicht. 1809 schreibt Gauß in einem Brief: »Ich habe den Plan, einst das ganze Land mit einem Dreiecksnetz zu beziehen ...« Noch in Braunschweig vermisst er die Umgebung und untersucht später die Möglichkeiten, krumme Flächen wie die der Erde auf eine ebene Landkarte abzubilden. Im Jahr 1821 beginnt er mit der Landesvermessung des Königreichs Hannover.

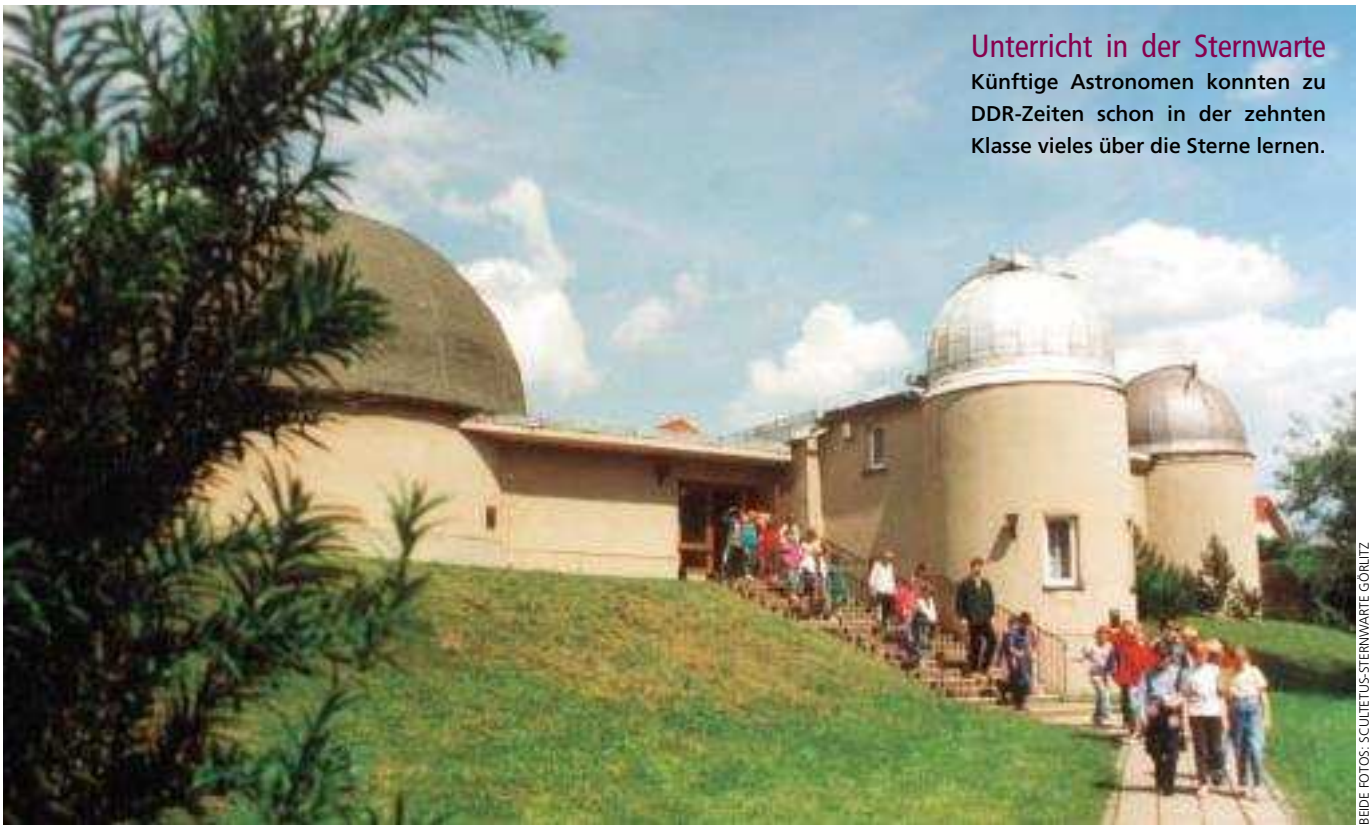
Als Physiker arbeitet Gauß eng mit dem 27 Jahre jüngeren Göttinger Experimentalphysiker Wilhelm Eduard Weber zusammen. Gauß entwickelt grundlegende Teile der Potenzialtheorie, die die elektrischen und magnetischen Felder im Vakuum beschreibt. Er gelingt ihm, im Garten der Göttinger Sternwarte ein Observatorium zur Überwachung des Erdmagnetismus zu errichten. Jahrzehntelang wird dort die zeitliche Variation des Erdmagnetfelds registriert.

»Michelmann kömmt«

In Zusammenarbeit mit Weber entsteht der erste elektromagnetische Telegraf. Ein von Hand bewegter Magnet erzeugt in einer Spule Stromstöße, die eine Leitung aus Eisendraht über die Dächer der Stadt von der Sternwarte in das einen Kilometer entfernte physikalische Institut führt. Am Empfangsort erzeugen die Ströme ein Magnetfeld, das einen nach Nord-Süd ausgerichteten langen Stabmagneten nach links oder rechts auslenkt.

Die beiden Erfinder denken sich einen Code aus, der den Folgen von Drehungen die Buchstaben des Alphabets zuordnet. Die erste so übermittelte Nachricht kündigt an, dass der Hausmeister in Kürze beim anderen Institut eintreffen wird. Doch als sie den Text »Michelmann kömmt« dort entschlüsselt haben, ist Michelmann längst da. <<

Rudolf Kippenhahn leitete von 1975 bis 1991 das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching. Seither lebt er als Schriftsteller in Göttingen.



Unterricht in der Sternwarte
Künftige Astronomen konnten zu DDR-Zeiten schon in der zehnten Klasse vieles über die Sterne lernen.

BEIDE FOTOS: SCULTETUS-STERNWARTE GÖRLITZ

Sternwarten im Glück

Der Start des Sputniksatelliten löste in Ost und West einen Astronomieboom aus, von dem auch Sachsens Sterngucker profitierten. **>> Michael Vogel und Dagny Lüdemann**

Erste Stunde Mathe, zweite Russisch und in der dritten Astronomie. So oder so ähnlich sah 1961 der Stundenplan eines Zehntklässlers der DDR aus. Das Pflichtfach Astronomie ist zwar inzwischen wieder größtenteils aus den Lehrplänen verschwunden, und auch so mancher aktive Amateurastronom ist auf Grund der wirtschaftlichen Perspektiven in den Westen gezogen. Was aber blieb, sind zahlreiche Planetarien und Sternwarten – Relikte eines ostdeutschen Astronomiebooms, der in den 1960er Jahren ausgelöst wurde.

Alles begann, als es der Sowjetunion 1957 gelungen war, die restliche Welt mit dem erfolgreichen Start von Sputnik – dem ersten Satelliten in einer Erdumlaufbahn – zu überraschen. Da die USA und Westeuropa bis zu diesem Zeitpunkt daran geglaubt hatten, dass ihnen die UdSSR technisch deutlich unterlegen sei, reagierten beide mit einer massiven Förderung ihrer eigenen Raumfahrtprogramme. Der »Sputnikschock« läutete in den folgenden Jahrzehnten auf beiden Seiten des Eisernen Vorhangs ein neues Raumfahrtzeitalter ein: So wurden in den Schulen der DDR insbesondere der Astronomieunterricht eingeführt und zahlreiche Sternwarten und Planetarien errichtet oder ausgebaut.

Sternwarte mit Geschichte

In Sachsen zeugen etwa 15 größere Volks- und Schulsternwarten in städtischer Trägerschaft vom Aufschwung der damaligen Zeit. Ein Beispiel ist die Scultetus-Sternwarte in Görlitz an der polnischen Grenze. Die Schulsternwarte – eines der ältesten Observatorien Sachsens – ist schon auf Grund ihrer geografischen Lage etwas Besonderes. Denn Görlitz liegt genau auf dem 15. Längengrad, wodurch die Ortszeit dort mit der Mitteleuropäischen Zeit (MEZ) identisch ist.

Die Geschichte der Scultetus-Sternwarte reicht bis ins Jahr 1856 zurück. Schon damals verfügte das Görlitzer Gymnasium Augustum auf dem Klosterplatz über eine kleine Sternwarte, die schließlich 1971 in den Stadtteil Biesnitz verlegt wurde. In den folgenden Jahrzehnten entstand dort ein modernes Ob-

Moderne Zeiten für Sachsens Sternwarten: In Görlitz schaut man seit 1971 mit einem Vierzig-Zentimeter-Spiegel in den Himmel.

servatorium, das seit 1989 mit einem Kleinplanetarium des Typs ZKP-1 ausgestattet ist – ein Gerät, das in Sachsen vielerorts Verwendung findet. Allerdings musste der Projektor des Planetariums über zwei Jahrzehnte auf seinen Einsatz warten. »Das Gerät hatten wir bereits 1969, aber erst zwanzig Jahre später konnte das dazugehörige Gebäude fertig gestellt werden«, erinnert sich Steffen Reimann, einer der beiden hauptamtlichen Mitarbeiter der Sternwarte. Bei ihrer Arbeit werden sie vom Verein der Görlitzer Sternfreunde e. V. unterstützt, der gerade einmal über zehn Mitglieder verfügt – derart kleine Sternwarten sind in Sachsen typisch.

Nach der Wende machte sich die Stilllegung der beiden Braunkohlekraftwerke in Görlitz bemerkbar, deren Schadstoffe früher in der Umgebung eine derart saure Atmosphäre verursachten , dass »die Oberflächenbeschichtung der optischen Spiegel regelrecht verätzt wurde«, so Reimann. Seitdem brauche der Spiegel nicht mehr alle vier Jahre neu belegt zu werden.

Schulstunde im Planetarium

Während die Scultetus-Sternwarte auf eine fast 150-jährige Geschichte zurückblicken kann, sind die meisten anderen sächsischen Observatorien erst nach dem Sputnikschock entstanden. So auch die im Jahr 1959 gegründete Sternwarte der Stadt Radebeul. Damals bestand das Observatorium allerdings noch aus einer einfachen Holzhütte, in der ein Newton-Spiegelteleskop aufgestellt war. Aus der Baracke wurde in den folgenden Jahren eine moderne Volkssternwarte mit einem Zeiss-Coudé-Refraktor und 14-Zoll-Newton-Maksutow-Teleskop. 1969 wurde ein Planetarium angeschlossen, das heute über sechzig Sitzplätze verfügt. Ulf Peschel, einer der beiden festen Mitarbeiter in Radebeul, zählt jährlich etwa zwölf- bis fünfzehntausend Sterngucker. Damit gehört die Sternwarte zu den größten und aktivsten in Sachsen.

Die in der Nähe von Dresden gelegene Einrichtung ist das Lebenswerk von Rüdiger Kollar, der sie mitbegründet und bis 1989 geleitet hat. Der ehemalige Lehrer schuf an den Radebeuler Schulen die Voraussetzungen für einen praxisbezogenen Astronomieunterricht, der auf Grund des Kollar'schen Engagements zwischen 1969 bis 1990 in der Sternwarte stattfinden konnte.

»Inzwischen ist unser Ehrenmitglied im Seniorenheim, aber von seinem Fenster aus hat er einen direkten Blick auf die Sternwarte«, beschreibt Andreas Krawietz Kollars Beziehung zu »seiner« Sternwarte. Krawietz ist der erste Vorsitzende des im Jahr 1991 gegründeten Astroclubs Radebeul e. V., der mit derzeit rund siebzig Mitgliedern zu den größeren astronomischen Vereinen in Sachsen zählt. Der Astroclub führt – gemeinsam mit den beiden hauptamtlichen Mitarbeitern der Sternwarte Radebeul – Veranstaltungen und Vorträge durch.

Gemeinsam unter einem Dach

Die Sternwarten aus Radebeul und Görlitz gehörten – wie etwa neun weitere Vereine und Volkssternwarten – früher dem Astronomischen Freundeskreis Ostsachsen (Afo) an. Die Nachfolgeorganisation der aufgelösten Fachgruppe Astronomie des Kulturbunds sorgte nach der Wende für einen Austausch unter den ostsächsischen Sternwarten. Zu den Aktivitäten des Interessenverbands gehörten Regionaltagungen, regelmäßige Jugendlager und die astronomische Zeitschrift »Der Sternfreund«.

Da die ehrenamtlichen Mitglieder leider nicht mehr genug Zeit in die Idee investieren konnten, wurde »Der Sternfreund« – bis auf die Online-Version – 2002 nach über zehn Jahren eingestellt. Und auch der Afo wurde im letzten Jahr offiziell aufgelöst. Die überregionale Vereinigung schaffte aber immerhin ein Jahrzehnt lang das, wovon manch westdeutsche Volkssternwarte lange Zeit nur träumen konnte: eine Art identitätsstiftende Dachorganisation. <<

Sachsens astronomische Highlights

Außerirdisch: In Mittweida bei Chemnitz hat Tassilo Römisch die weltweit größte Privatsammlung von Raumfahrtmemorabilia zusammengetragen. Einen Teil der mehr als 72 000 Einzelstücke kann man im Raumfahrtmuseum Mittweida besichtigen.
www.space-service-intl.com

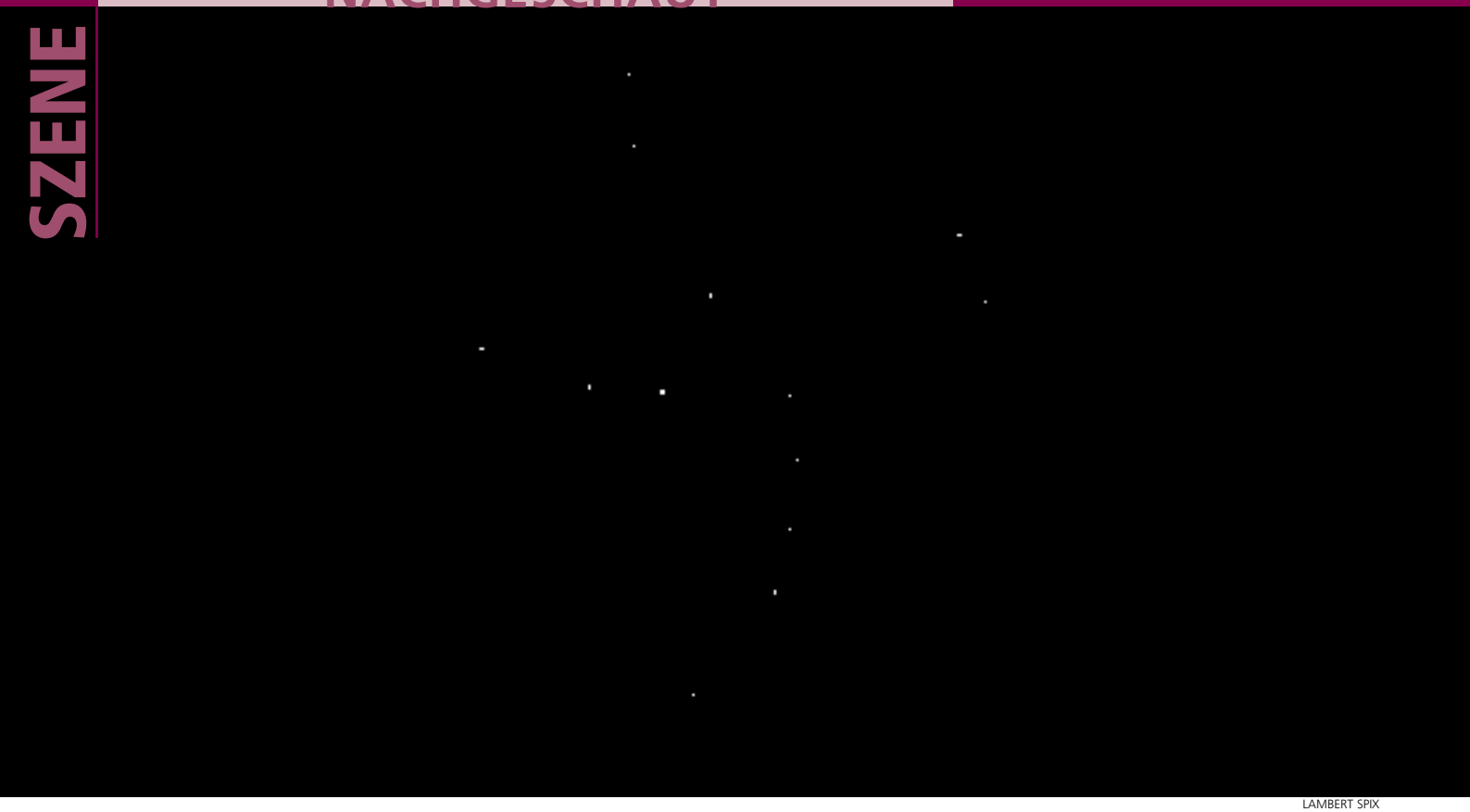
Ausgeklügelt: In der Radebeuler Volkssternwarte Adolf Diesterweg gibt es einen Heliostaten, mit dem sich das Sonnenbild in einen Vortragsraum projizieren lässt. Das selbst gebaute Gerät erzeugt ein 40 bis 80 Zentimeter großes Bild unseres Zentralgestirns.
www.sternwarte-radebeul.de

Altgedient: In Pulsnitz, der Pfefferkuchenstadt nördlich von Radeberg, steht die ehemalige Privatsternwarte von Johannes Classen aus dem Jahr 1934. Ausgestellt sind dort eine Meteoritensammlung sowie zwei seltene Linsenfernrohre: Dabei handelt es sich um einen Merz- und einen Zeiss-Refraktor mit zwanzig Zentimeter Öffnung.
www.puppen-und-sterne.de

Michael Vogel ist freier Journalist und beschäftigt sich seit zwanzig Jahren mit Astronomie. **Dagny Lüdemann** arbeitet als freie Wissenschaftsjournalistin in Hamburg.

Weblinks

www.astroclub-radebeul.de • www.sternwarte-radewisch.de • www.vhs-aue-szb.de • www.sternwartehartha.de • www.bav-astro.de



LAMBERT SPIX

Ein Phönix-Küken am Nordhimmel

Ein Leser entdeckte mit dem Feldstecher im Sternbild Kassiopeia eine kleine Version des sagenhaften Vogels.

>> Lambert Spix

Wie eine optische Eselsbrücke

In allem, was wir sehen, suchen wir unterbewusst geometrische Muster, um es uns besser einprägen zu können. Was sehen Sie in dieser Anordnung von Sternen?

Der Verlobungsring« hieß der Feldstechertipp in der Juli/August-2004-Ausgabe. Darin ging es um Asterismen, zufällige Anordnungen von Sternen, die wir in unserer Vorstellung mit Linien zu geometrischen Figuren verbinden – so wie die eigentlichen Sternbilder. Als begeisterter Fernglasbeobachter bin ich immer auf der Suche nach neuen Objekten, besonders wenn diese wie für das Fernglas gemacht erscheinen. Mein Entschluss stand fest: Da wollte ich doch selbst nachschauen!

Es dauerte jedoch noch gut einen Monat, bis Zeit und Wetter stimmten und ein klarer blauer Abendhimmel eine viel versprechende Beobachtungsnacht ankündigte. Der fünf Tage junge Mond stand schon dicht über dem Horizont, als ich gegen 22 Uhr meine Ausrüstung aufbaute: ein 20×100-Miyauchi-Fernglas mit 45-Grad-Einblick auf einem Hartholzstativ.

Schnell ordnete ich noch mein Zeichenmaterial: ein Din-A4-Skizzenbuch mit festem Einband, Bleistifte, Radiergummi, eine CD als »Zirkel« zum Zeichnen des Gesichtsfelds, eine Stirnlampe mit Rotlicht. Danach nahm ich mir noch eine halbe Stunde Zeit, den langsam dunkler werdenden Nachthimmel zu genießen. Ein schöner, tief orangefarbener Sonnenuntergang vervollständigte das Bild.

Ich habe das Glück, trotz Großstadtnähe recht gute Beobachtungsbedingungen direkt vor meiner Haustür vorzufinden. Köln liegt zwar zwanzig Kilometer nördlich und Bonn nur fünf Kilometer in

Haben Sie mal nachgeschaut?

Schicken Sie uns Ihre spannenden Erlebnisse rund ums Beobachten, ganz gleich, ob Sie durch einen Artikel aus ASTRONOMIE HEUTE angeregt wurden oder durch ein aktuelles Ereignis: nachgeschaut@astronomie-heute.de

südlicher Richtung, aber das Gelände befindet sich fünfhundert Meter außerhalb einer kleinen Ortschaft und ist relativ frei von Streulicht durch Straßenlaternen. Dort kann ich in klaren Nächten mit guter Durchsicht sogar die Milchstraße sehen. Von Südosten bis Westen ist der Blick über einen alten Baggersee hinweg frei und man sieht Sterne bis 5. Größenklasse. Allerdings sind horizontnahe Beobachtungen in Richtung Köln und Bonn wegen der hellen Lichtglocken beider Städte nur selten möglich.

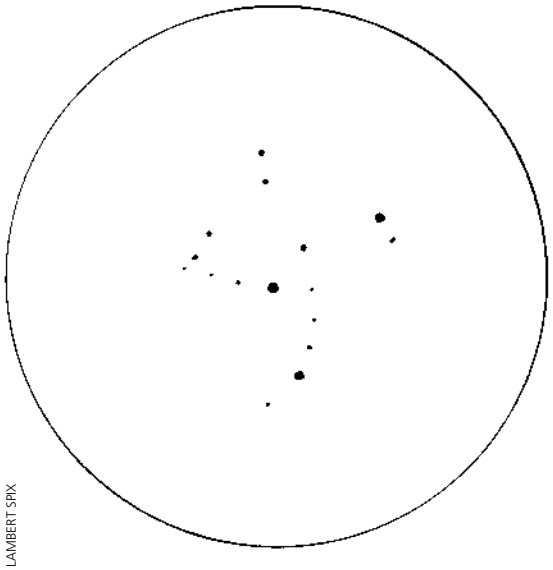
Bereit für Entdeckungen

Während das Licht zunehmend schwächer wurde, fragte ich mich, welche Entdeckungen wohl auf mich warteten oder ob ich überhaupt etwas finden würde. Bis dahin hatte ich im Suchen von Asterismen ja keine Erfahrung. Trotzdem war ich sehr zuversichtlich und meine Neugierde und die Vorfreude etwas zu entdecken, was unter Umständen noch keiner vor mir gesehen hatte, spornte mich an.

Ich hatte mir keine besondere Strategie überlegt und ein zeilenweises Absuchen einer Himmelsregion wie bei der Kometenjagd erschien mir nahe liegend. Doch wo sollte ich beginnen? Welches Gebiet versprach reiche Beute? Nach einem ausführlichen Rundumblick entschied ich mich für die Region der Sternbilder Kassiopeia, Kepheus und Schwan. Die dort entlanglaufende Milchstraße und die Höhe der Sternbilder über dem Horizont ließen auf genügend Kandidaten und einen nackenfreundlichen Abend hoffen. Auf Grund des noch relativ hellen Himmels in dieser Jahreszeit zeigte das Okular bei 26facher Vergrößerung die kontrastreichste Abbildung mit einem schönen dunklen Hintergrund. Ich begann mit einem kurzen Abstecher bei Deneb und den beiden Sternhaufen M 29 und M 39 und konzentrierte danach die Suche auf auffällige Sternmuster.

Bald stellte ich fest, dass es unter diesem Blickwinkel eine ganze Menge zu sehen gibt: kettenförmige Ansammlungen von Sternen, geometrische Figuren wie Quadrate oder Dreiecke und hin und wieder Anordnungen, die zwar interessant erschienen, aber auch mit viel Fantasie keine sinnvollen Formen ergaben. So pendelte ich eine halbe Stunde lang zwischen Schwan und Kassiopeia hin und her, als plötzlich eine sehr prägnante Formation meine Aufmerksamkeit weckte: eine geschwungene Sternkette mit v-förmigem Anhang links und zwei einzelnen Sternen rechts davon. Ein Stern war deutlich heller als die restlichen. Das gesamte Muster nahm die Hälfte des Gesichtsfelds ein und hob sich klar vom Hintergrund ab.

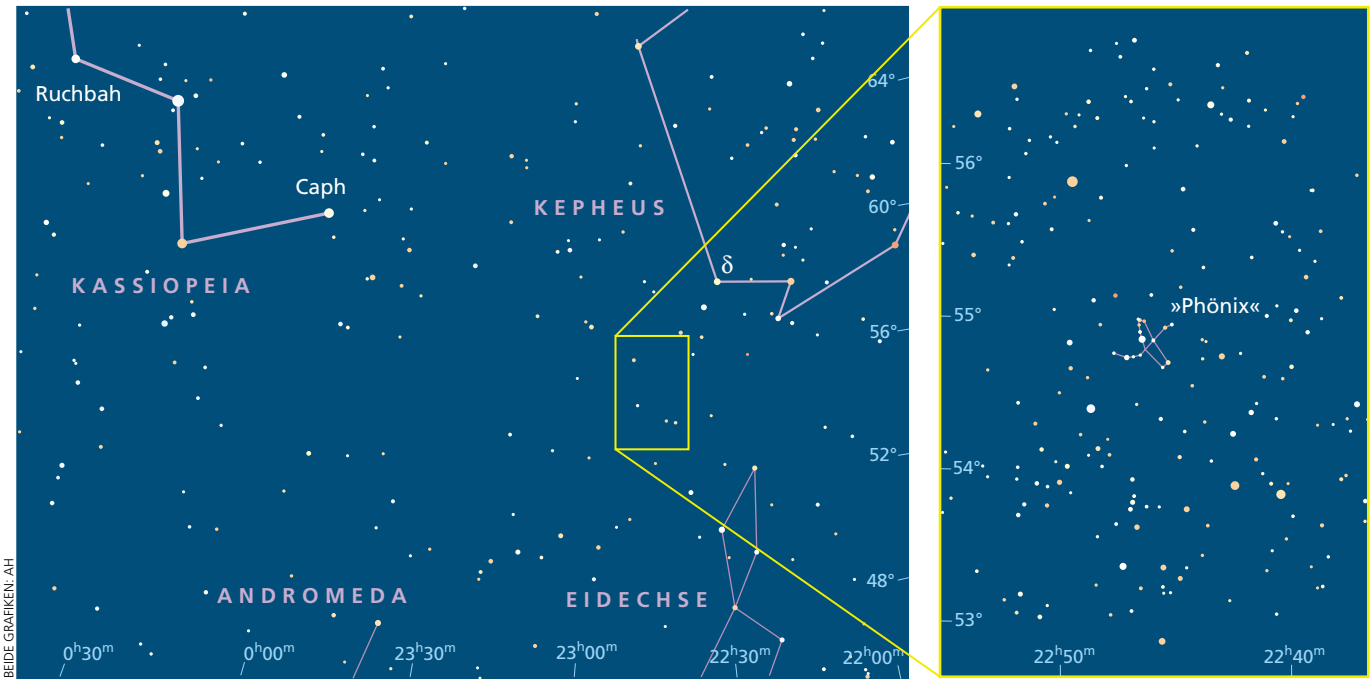
»Volltreffer«, dachte ich und begann sofort mit einer Zeichnung. Vorab trug ich noch einige Standarddaten in mein Beobachtungsbuch ein: Datum 22.7.2004, Uhrzeit 23.45, Grenzgröße des Himmels zirka 4,5. Die Fertigstellung der Zeichnung dauerte gut 25 Minuten, da ich die Positionen und die Helligkeiten der einzelnen Sterne so genau wie möglich festhalten wollte. Auf einer weiteren kleinen Skizze zeichnete ich die Verbindungslinien zwischen den Sternen ein und auf meinem Blatt entstand das Bild eines steil in den Himmel aufsteigenden Vogels: des Phönix. Die genaue Position konnte ich leider nur grob festhalten, da ich verges- >



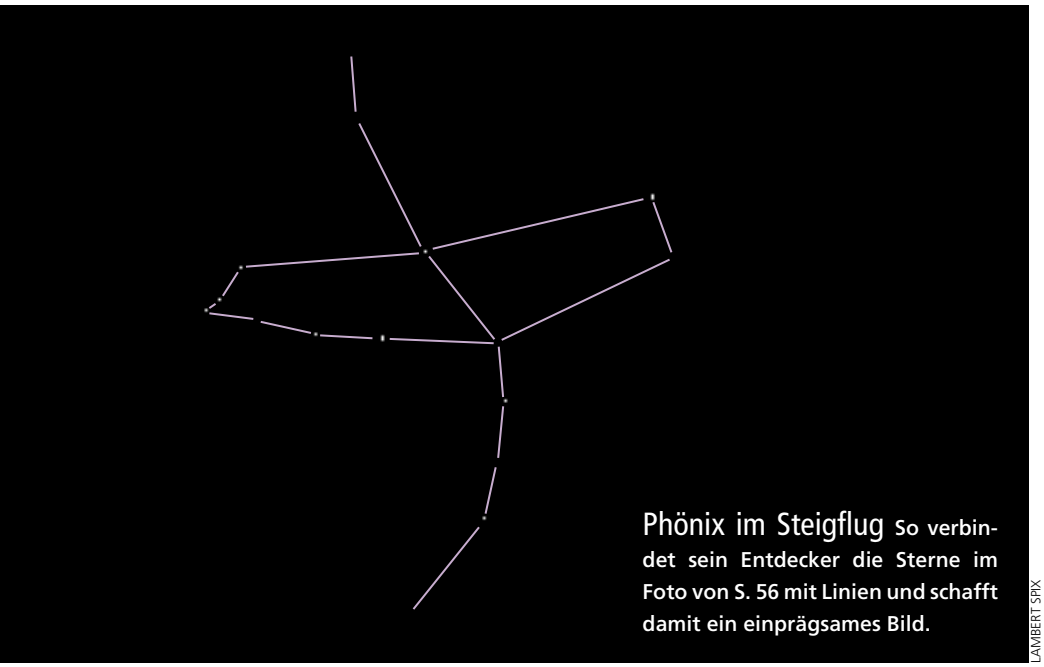
LAMBERT SPIX

Vor dem Foto kommt die Skizze
Das erste Bild des neuen Asterismus, angefertigt am 22. Juli 2004

Das Gesichtsfeld kleinerer Instrumente entspricht etwa der Ausschnittskarte (rechts).



BEIDE GRAFIKEN: AH



Phönix im Steigflug So verbindet sein Entdecker die Sterne im Foto von S. 56 mit Linien und schafft damit ein einprägsames Bild.

LAMBERT SPIX

> sen hatte, den Leuchtpunktsucher auf dem Fernglas zu montieren. Nach meiner Schätzung lag der Phönix ungefähr in der Verlängerung von Ruchbah (Delta Cassiopeiae, δ Cas) und Caph (Beta Cassiopeiae, β Cas) in fünfzig Grad Höhe.

Mittlerweile war es kurz vor 1 Uhr morgens und ich wollte unbedingt noch wissen, ob die Konstellation in der Planetariumssoftware Skychart dargestellt wird. Doch auch nach einer Stunde Suchen war dort kein Phönix auffindbar.

Großer oder kleiner Erfolg?

Enttäuscht und mittlerweile auch »augenmüde« hörte ich auf und fasste den Entschluss, am nächsten Abend noch einmal das Fernglas aufzustellen. Jedoch war der Himmel wie leider so oft in diesem Jahr bedeckt und ich musste ungeduldig vier Tage bis zum 26. Juli warten. Das erneute Auffinden des Phönix war viel schwieriger als vermutet und es dauerte einige Zeit, bis ich die schöne Konstellation im Okular erblickte. Mit Hilfe des Leuchtpunktsuchers konnte ich dieses Mal eine genauere Positionsskizze machen. Mit dieser Zeichnung ausgerüstet machte ich mich wieder ans Werk und suchte die Himmelskarte in Skychart Feld für Feld in verschieden Zoomstufen ab. Doch selbst mit dieser genaueren Eingrenzung der Koordinaten war es nicht leicht, die Formation auf dem Bildschirm zu entdecken, da sich die Darstellung sehr vom Blick durch das Okular unterscheidet. Aber endlich war es so weit: In einem zirka drei Grad großen Ausschnitt und mit einer Abbildungsgrenze von 10. Größe lässt sich der Phönix gut erkennen. Schnell notierte ich noch die Kennung und die Koordinaten des Sterns, der fast im Zentrum der Formation liegt: Hipparcos 112398, Rektaszension $22^h\ 45^m\ 59^s$, Deklination +54° 51′ 52″. Danach ging ich glücklich und zufrieden schlafen.

Jetzt hatte ich natürlich Feuer gefangen und nutzte an den folgenden Abenden jede Gelegenheit zu einer weiteren Suche. Vom »Phönix« gelang mir einige Tage später auch ein Foto. Hierfür verwendete ich mein Acht-Zoll-Meade-LX90 und eine Casio QV-3500, die sich mit einem Vierzig-Millimeter-TS-Superview leicht am Okularauszug anbringen lässt. Den Autostar des LX90 »fütterte« ich mit den aus Skychart erhaltenen Koordinaten und startete nach einer kurzen Ausrichtung des Teleskops die Steuerung.

Wenn man weiß, wie's geht ...

Nach einer halben Minute war der Phönix angefahren und stand mittig im Okular. Ich schoss eine Belichtungsreihe mit zehn, zwanzig und dreißig Sekunden, aus der ich später das Bild auswählte, das dem Anblick durch ein Okular am nächsten kommt.

Meine Beobachtungen in der Region Kassiopeia wurden noch durch das Auffinden zweier weiterer Asterismen belohnt, die ich hier noch kurz erwähnen möchte: eine kleine Formation, die einem Drachen ähnlich sieht, und ein nach oben zeigender Pfeil.

Für mich hat sich die Suche nach diesen – im wahren Sinne des Wortes – »Stern-Bildern« als eine schöne und ergiebige Erweiterung in der Beobachtung des Himmels entwickelt. Als Besitzer eines Feldstechers können Sie mit wenig Aufwand und etwas Geduld Ihre Beobachtung um einige lohnenswerte Ziele bereichern. Ich freue mich auf jeden Fall schon auf die nächste sternklare Nacht.<<

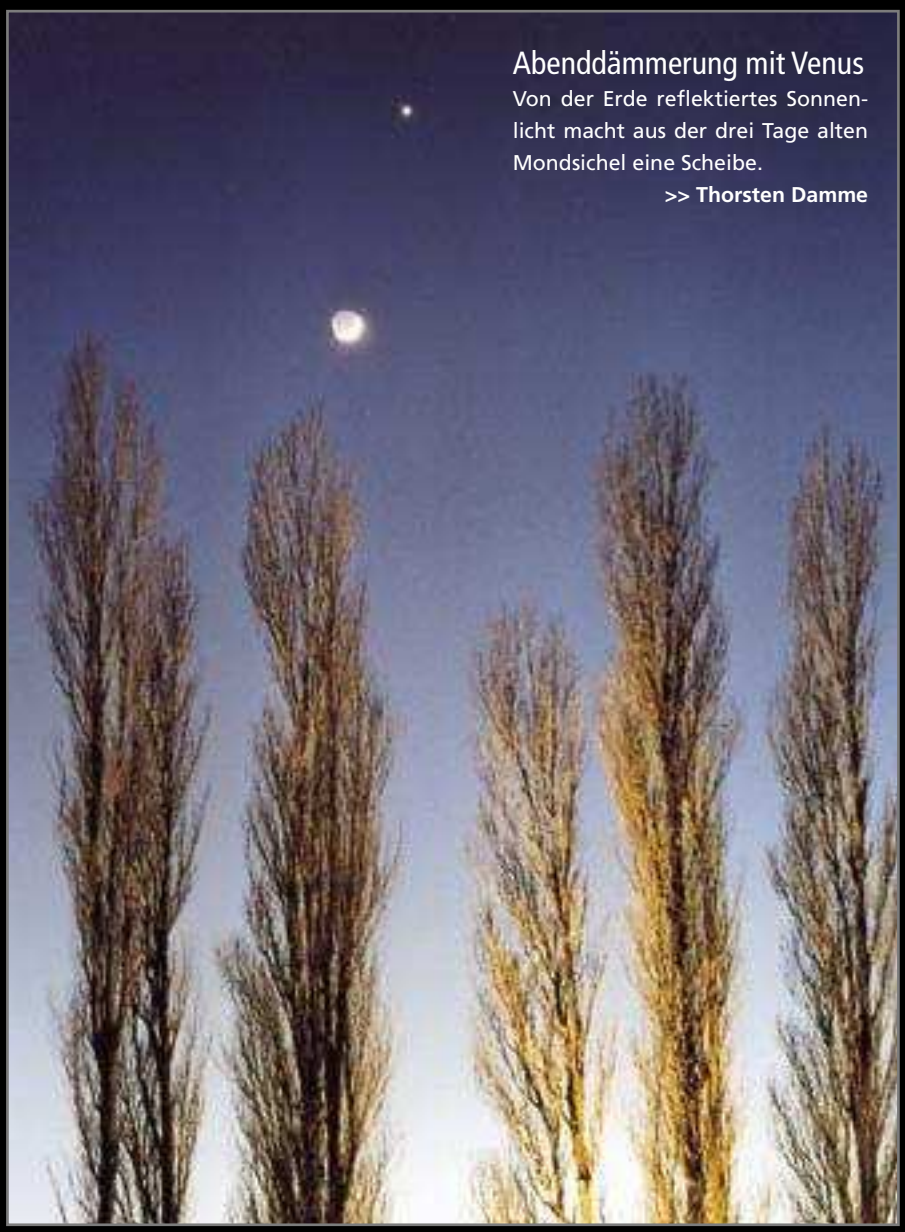
Lambert Spix, 42, ist freiberuflich als Maler und Grafiker tätig. Nach längerer Pause ist er seit drei Jahren wieder eifriger Beobachter. Im Netz finden Sie ihn auf der Seite www.eifeltwister.de.

LAMBERT SPIX

Feldstecher für Fortgeschrittene Für seine Entdeckungsnächte ist der Autor exzellent gerüstet.

Die Schönheit des Weltalls

In den letzten zwölf Monaten waren am Nachthimmel nicht nur drei besonders helle Kometen, sondern auch andere kleine und große Wunder zu sehen.



Abenddämmerung mit Venus

Von der Erde reflektiertes Sonnenlicht macht aus der drei Tage alten Mondsichel eine Scheibe.

>> Thorsten Damme

Explosiver Riesenstern

Der Veränderliche Eta Carinae – versteckt im gleichnamigen Emissionsnebel – ist zuletzt vor etwa 150 Jahren explodiert. Die Aufnahme entstand am 16. Juli mit einer Canon EOS 10D.

>> Stephan Glutz

Farbenfroher Himmelsbote

Am Abend des 15. Mai überstrich der Schweif des Kometen C/2001 Q4 (Neat) den Sternhaufen M 44 (seitenverkehrte Aufnahme).

>> Sebastian Voltmer

Surreale Welt

Ein Polarlicht taucht die Bergwelt der norwegischen Lofoten in geheimnisvolle Farben. Die Aufnahme wurde 30 Sekunden belichtet.

>> Wolfgang Thomas

Kaminfeuer im All

Glutrot leuchtet der Orionnebel, wenn man ihn durch einen Zehn-Zoll-Newton betrachtet. Das Bild entstand in Sonnenbühl-Genkingen. **>> Martin Wagner**

Bläuliches Siebengestirn

Der offene Sternhaufen der Plejaden ist etwa 400 Millionen Lichtjahre von uns entfernt.

>> Reinhold Wittich

Auf gute Nachbarschaft

Anfang Januar schwebte der vier Monate zuvor entdeckte Komet C/2004 Q2 (Machholz) an den Plejaden vorbei. **>> Martin Wagner**

Zweigeteilt

Der Schweif von C/2002 T7 (Linear) besteht – wie bei allen Kometen – aus Ionen (rechts) und Staubteilchen. **>> Sebastian Voltmer**

Tierisches Konterfei

Beim Pferdekopfnebel handelt es sich um eine Dunkelwolke aus Gas und Staub. Besonders hell leuchtet Alnitak, östlicher Gürtelstern des Orions. **>> Stefan Seip**

Machen Sie mit: Wir freuen uns über Ihre »Glanzlichter« – schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos!
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste und ungezippte JPEG-Bilder. Geben Sie bitte auch Details über Teleskop, Kamera oder Aufnahmetechnik an.)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH • Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg • E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Mit einigen Tipps haben auch Anfänger Freude an ihrem Teleskop.

CRAIG MICHAEL UTTER, NIGHT SKY

Orientierung am Teleskop

Wie muss ich mein Teleskop bewegen, um ein bestimmtes Himmelsobjekt im Blickfeld zu halten? Wir verraten Ihnen ein paar Regeln, um Verwirrungen zu vermeiden. **>> Tony Flanders**

Wenn man in das Okular eines Teleskops schaut, bekommt man Einblicke in eine fremde, exotische Welt, in der ganz andere Regeln gelten als in der uns vertrauten Alltagsumgebung. Die Objekte erscheinen nicht nur viel größer und heller, sodass man sie zum Teil gar nicht mehr wieder erkennt – sie sind auch anders ausgerichtet, erscheinen manchmal auf den Kopf gestellt oder seitenverkehrt. Als unerfahrener Sterngucker verliert man da leicht die Orientierung.

Ein Blick auf die Sternkarte sorgt in solchen Fällen leider nicht immer für Klarheit. Im Gegenteil, er kann alles sogar noch komplizierter machen. Astronomen benutzen zwar die gängigen Bezeichnungen für die Himmelsrichtungen – Norden, Süden, Osten, Westen –, doch nicht in exakt der gleichen Bedeutung, wie es außerhalb der Astronomie üblich ist.

Vom Mondanblick überrascht

Oft braucht man sich darüber keine Gedanken zu machen. Wenn man zum Beispiel den Jupiter ins Visier nimmt, kann man sich einfach zurücklehnen und ihn bewundern. Es fällt einem anfangs gar nicht auf, wenn er gedreht oder seitenverkehrt erscheint, weil man keine Vorstellung davon hat, wie Jupiter tatsächlich aussehen müsste. Beim Mond ist das ein bisschen anders: Er ist eines der wenigen Objekte am Himmel, das einerseits klein genug ist, um in das Gesichtsfeld eines Teleskops zu passen, und andererseits groß genug, um es auch mit bloßem Auge gut zu erkennen. Daher wird Sie Ihr erster Blick auf den Mond durch ein Teleskop wahrscheinlich überraschen.

Gehen Sie in einer sternklaren Nacht ein paar Tage nach Neumond nach draußen (in diesem Jahr etwa um den 10.2., 12.3. oder 10.4.) und blicken Sie nach Westen. Sie werden einen wunderbaren Anblick vorfinden: den sichelförmigen Mond, der tief am Himmel steht. In die-

ser Phase ist der Mond wie das Zeichen »)« geformt, der äußere Rand des Halbkreises zeigt nach schräg rechts oben – jedenfalls für uns, die wir in der nördlichen Hemisphäre leben. Wenn sich der Mond dann hoch am Himmel befindet, steht das »)« aufrecht, und wenn er untergeht, hat sich seine Orientierung wieder verändert, sodass der äußere Rand des »)« nun nach schräg unten gekippt ist (siehe auch Grafik S. 45 oben links).

Jetzt betrachten Sie den Mond durch ein Teleskop. In neun von zehn Fällen wird er wie das Zeichen »(« erscheinen, der äußere Rand liegt also auf der linken Seite. Je nachdem, welche Art von Teleskop man benutzt, kann er auch auf dem Kopf stehen. Was ist da passiert?

Teleskoptypen und Bildorientierung

Bevor wir diese Frage beantworten, müssen wir drei verschiedene Grundformen von Teleskopen unterscheiden: Linsenteleskope (Refraktoren), die das Licht durch Linsen am vorderen Ende des Tubus sammeln; Spiegelteleskope (Reflektoren), die am unteren Ende des Tubus Spiegel besitzen; und kombinierte Teleskope (katadioptrische Systeme), die sowohl Linsen als auch Spiegel enthalten. Katadioptrische Systeme besitzen normalerweise einen kurzen, breiten Tubus, ansonsten haben sie auf den ersten Blick Ähnlichkeit mit Refraktoren.

Vor mehreren Jahrhunderten, als es noch keine Spiegelteleskope gab und alle Fernrohre Refraktoren waren, wurden sie immer so benutzt, dass man direkt durch sie hindurchblickte – ähnlich wie ein Kapitän auf hoher See. Bei Objekten, die sich nahe am Horizont befinden, funktioniert das auch ganz gut, aber je weiter man mit dem Teleskop nach oben blickt, umso mehr ist man gezwungen, den Kopf in den Nacken zu legen. Daher wird der direkte Durchblick, auch Straight-through-Konfiguration genannt, heutzutage außer bei Sucherfernrohren nur noch selten eingesetzt. Stattdessen sind moderne Refraktoren meist mit ellbogenförmigen Zenitprismen ausgestattet, deren Spiegel oder Prismen das Licht in einem Winkel von 45 beziehungsweise 90 Grad reflektieren, sodass man mehr oder weniger horizontal in das Okular blicken kann, wenn das Teleskop nach oben gerichtet ist. Auch bei kombinierten Teleskopen werden in den meisten Fällen Zenitprismen benutzt.

Die Sicht durch Ihr Okular hängt sowohl vom Teleskoptyp als auch von der Art des Zenitprismas ab (Abbildung rechts). Straight-through-Refraktoren – das übliche Design für Sucherfernrohre – drehen das Bild um 180 Grad, sodass es auf dem Kopf steht. Auch die meisten Reflektoren tun das. Einige Sucher und fast alle Ferngläser sind jedoch mit Umkehrprismen ausgestattet, welche das Bild wieder richtigherum drehen. Letzteres gilt auch für viele Zenitprismen mit 45-Grad-Winkel, die einen Kompromiss zwischen Anwendungen in der Astronomie und terrestrischen Beobachtungen darstellen.

Refraktoren und kombinierte Teleskope, die ausschließlich an Astronomen verkauft werden, besitzen zumeist Zenitprismen, die das Bild in einem Winkel von 90 Grad reflektieren, jedoch keine Umkehroptik besitzen. Solche Geräte stellen die Beobachtungsobjekte zwar nicht auf den Kopf, vertauschen aber rechts und links – sofern Sie das Prisma nicht zur Seite drehen. Drehen Sie es zur Seite, dann erscheint das Bild korrekt bezüglich links und rechts, allerdings sind nun oben und unten vertauscht. (Versuchen Sie es, wenn Sie ein solches Teleskop besitzen – es macht Spaß!)

Irreführender Instinkt

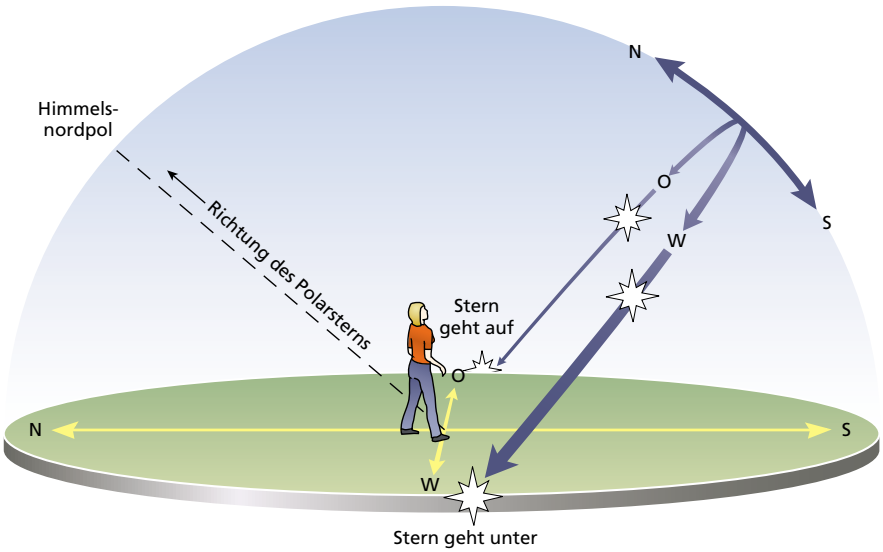
Wenn Sie Ihr Teleskop zum ersten Mal ausrichten, um ein Objekt im Okular zu zentrieren, werden Sie vermutlich überrascht sein. Ob Sie nun versuchen, ein Zielobjekt in das Fadenkreuz des Suchers zu bekommen oder es zu verfolgen, während es über den Himmel wandert: Es scheint zunächst partout nicht zu gelingen, das Blickfeld dahin zu bewegen, wo man es haben möchte. Man schaut in das Okular und sieht das Zielobjekt in der linken unteren Ecke des Felds. Weil das Bild aber um 180 Grad gedreht ist, befindet sich das Objekt über und rechts von dem Punkt, auf den Ihr Teleskop zeigt. Einem natürlichen Instinkt folgend, möchte man das Teleskop genau in die falsche Richtung bewegen.

Je nachdem, welche Art von Montierung Sie benutzen, ist dies möglicherweise unproblematisch. Wenn Ihr Teleskop über einen Motorantrieb verfügt, müssen Sie sich über das Nachführen sowieso keine Gedanken machen – höchstens über kleine Regulierungen. Wer eine computergestützte Go-to-Montierung besitzt, der braucht den Sucher nur für die erste Justierung. Doch diejenigen, die das Teleskop per Hand führen und sich des Suchers permanent bedienen müssen, werden anfangs wahrscheinlich einige Frustrationen erleben. Experimentieren Sie ein wenig und finden Sie heraus, was Sie bei Ihrem Teleskop alles beachten müssen.

Die Ausrichtung des Bilds spielt auch dann eine Rolle, wenn Sie die Dinge, die >

GREGG DINDERMAN, NIGHT SKY

Die Bauweise Ihres Teleskops und die Art des Zenitprismas – sofern Sie eins verwenden – bestimmen die Sicht durch das Okular.



BRUCE SANDERS, NIGHT SKY

Himmelsnorden liegt in Richtung des Polarsterns, Himmelssüden zeigt in die entgegengesetzte Richtung. Himmelsosten und -westen sind durch die scheinbare Bewegung des Himmels definiert.

> Sie sehen, beschreiben wollen. Stellen Sie sich vor, dass Sie zusammen mit einem Freund in den Herbstmonaten draußen sind, um die Plejaden zu beobachten. Sie benutzen einen Reflektor, Ihr Freund hat einen Refraktor mit einem 90-Grad-Zenitprisma. Voller Begeisterung sagen Sie: »Schau dir einmal diese wunderschöne Sternkette an, die von der Mitte nach unten führt.« Und Ihr Freund antwortet: »Die sehe ich nicht, aber über der Mitte befindet sich ein wunderschöner Bogen.« Sie reden natürlich beide von denselben Sternen, doch die zwei Teleskope zeigen sie auf unterschiedliche Weise.

Das Problem taucht aber auch dann auf, wenn Sie beide das gleiche oder gar kein Teleskop benutzen. Denn die Lage von Himmelsobjekten ändert sich ständig, da sich der Himmel permanent dreht – oder, genauer, da die Erde sich dreht und Sie mit sich trägt, während der Himmel stillsteht. Deshalb benutzen Astronomen Himmelsrichtungen, die unveränderlich sind: Ein bestimmter Teil eines Himmelsobjekts weist immer in die gleiche Richtung, unabhängig von Datum, Zeit und benutztem Teleskoptyp.

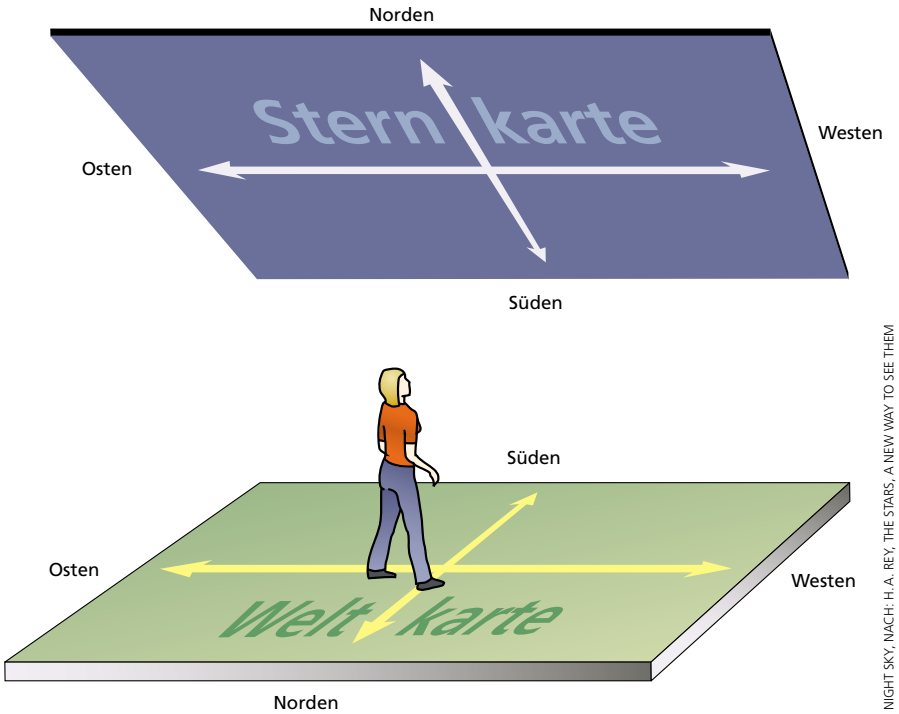
Diese astronomischen Himmelsrichtungen basieren auf jenen zwei Punkten am Himmel, die sich scheinbar nicht bewegen, während die Erde sich dreht, nämlich auf dem Himmelsnordpol und dem Himmelssüdpol. Für uns, die wir in der nördlichen Hemisphäre wohnen, befindet sich der Südpol immer unter unseren Füßen, versteckt hinter dem Horizont. Er ist nur dann von Interesse, wenn man den Himmel von einem Ort südlich des Äquators aus betrachtet.

Ein kosmischer Wegweiser

Beobachter auf der Nordhalbkugel haben das Glück, dass es einen hellen Stern gibt, der sich ziemlich genau am Himmelsnordpol befindet – und der, nicht gerade überraschend, »Polaris« oder auf Deutsch einfach »Polarstern« genannt wird. Himmelsnorden wird als die Richtung definiert, die zum Himmelsnordpol weist, und praktischerweise ist das in Richtung des Polarsterns. Süden liegt dementsprechend in der entgegengesetzten Richtung. Himmelsosten und -westen sind durch die scheinbare Rotation des Himmels definiert: Himmelsosten ist die Richtung, aus der Objekte über dem Horizont auftauchen (zum Beispiel die aufgehende Sonne), und Himmelswesten ist, wohin sie verschwinden.

Die Himmelsrichtungen sind sehr wichtig, um detaillierte Sternkarten interpretieren zu können, die alle Astronomen früher oder später benötigen. Sie können den Zeitpunkt, an dem Sie sich mit Sternkarten befassen müssen, etwas hinauszögern, wenn Ihr Teleskop eine Go-to-Montierung besitzt, die für Sie die jeweiligen Objekte findet. Das ist auch gut so, denn die üblichen Tricks für die Orientierung am Okular funktionieren bei dieser Montierung nicht.

Gewöhnlich ist auf Sternkarten Norden oben und Osten links. Ja, richtig: Himmelskarten sind im Vergleich zu



NIGHT SKY, NACH: H.A. REY, THE STARS, A NEW WAY TO SEE THEM

Sternkarten sind so beschaffen, dass sie dem Anblick des Himmels entsprechen, wenn man sie über den Kopf hält. Daher sind die Himmelsrichtungen auf ihnen anders angeordnet als beispielsweise auf einer Straßenkarte.

Karten, die man im Alltag verwendet – etwa der Straßenatlas, der Norden oben und Osten rechts hat –, seitenverkehrt gezeichnet. Wieso das? Gewöhnliche Karten zeigen die Erde so, wie man sie von oben sieht – aus der Vogelperspektive, während Sternkarten den Himmel von unten zeigen. Versuchen Sie einmal, eine Straßenkarte über Ihren Kopf zu halten, sodass Norden auf der Karte tatsächlich Richtung Norden weist. Sie werden feststellen, dass Osten auf der Karte nun in Richtung Westen auf der Erde zeigt und umgekehrt.

Gedreht, gespiegelt und vertauscht

Um die Realität abzubilden, muss man auf Sternkarten, die ja kopfüber gehalten werden, Osten und Westen vertauschen. Dasselbe gilt, wenn man ohne Zenitprisma durch das Okular eines Teleskops blickt. Sobald man Norden gefunden hat, ist Osten die Richtung links und nicht rechts davon. Wenn man ein Zenitprisma benutzt, sieht man jedoch seitenverkehrt, und das führt dazu, dass Osten rechts von Norden abgebildet ist, genau wie auf einer Straßenkarte – doch leider ist dann das, was man durch das Okular sieht, genau andersherum dargestellt als auf der Sternkarte.

Habe ich Sie jetzt komplett durcheinander gebracht? Wenn nicht, ich jedenfalls bin mittlerweile ganz schön verwirrt. Trotz jahrelanger Erfahrung kann ich immer noch nicht rechts und links zuordnen, sobald ich ein Teleskop mit einem Zenitprisma benutze. Egal wie oft man eine Karte dreht, sie wird nie mit der seitenverkehrten Sichtweise eines Zenitprismas übereinstimmen. Es gibt drei verbreitete Lösungen für dieses Problem. Man kann die Karte quasi im Kopf wenden, was manche Leute einfach finden, andere (zum Beispiel ich) dagegen ziemlich schwer. Man kann die Karte umdrehen und sie mit einem schwachen Licht durchleuchten, sodass man alles seitenverkehrt sieht, wie bei einem Teleskop. Oder man kann spezielle Computersoftware benutzen, um daran angepasste Karten ausdrucken zu können, bei denen links und rechts vertauscht sind.

Die um 180 Grad gedrehte Ansicht durch meinen Reflektor bereitet mir jedoch absolut keine Probleme mehr. Je nachdem, wohin ich am Himmel blicke, muss ich meine Karte sowieso fast immer drehen, damit sie zur Sichtweise durch das Okular passt. Das Bild in meinem Reflektor erfordert eine weitere Kartenrotation um 180 Grad, aber wenn ich erst einmal mit dem Drehen angefangen habe, ist es mir egal, wann ich wieder damit aufhöre.

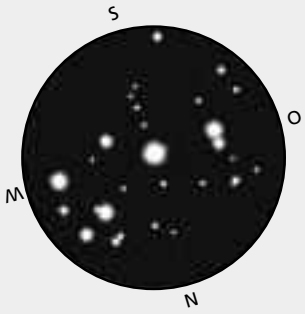
Und nun sind wir beim Wesentlichen angekommen: Wenn Sie durch Ihr Okular blicken – woher wissen Sie, wo Norden, Süden, Osten und Westen ist und wie Sie Ihre Sternkarte drehen müssen, damit alles stimmt? Theoretisch muss man nur eine Himmelsrichtung finden, um die anderen ableiten zu können, doch es ist stets nützlich, sowohl Norden/Süden als auch Osten/Westen unabhängig voneinander bestimmen zu können, nur für den Fall, dass die seitenverkehrte Sichtweise Sie ebenso durcheinander bringt wie mich. Zum Glück ist das recht einfach – außer im Fall einer Go-to-Montierung, deren Steuerung das Teleskop in völlig anderer Weise bewegt.

Um die nördliche Himmelsrichtung durch das Okular zu finden, treten Sie einen Schritt von Ihrem Teleskop zurück und suchen den Nordstern. Schauen Sie dann durch Ihr Okular und schieben Sie den Tubus leicht auf ihn zu. (Möglicherweise müssen Sie dazu die Kupplung ausschalten, was bei einer besonders schweren Go-to-Montierung unter Umständen unmöglich ist.) Sie werden sehen, wie sich das Blickfeld durch die Bewegung des Teleskops verschiebt. Die Richtung, aus der die Sterne ins Blickfeld wandern, ist Himmelsnorden.

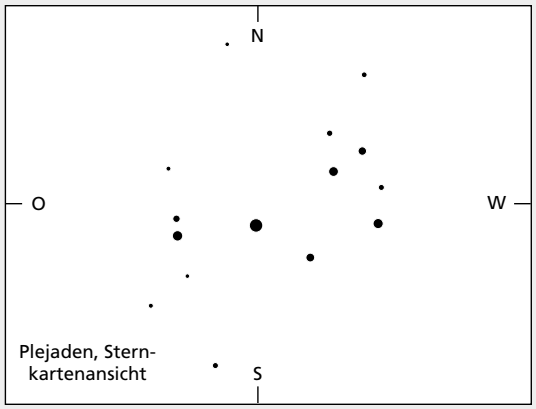
Pfadfinder am Firmament

Um Himmelsosten und -westen zu finden, schalten Sie am besten den Motorantrieb Ihres Teleskops aus, sofern Sie einen haben. Beobachten Sie sodann, wie sich die Sterne infolge ihrer scheinbaren Wanderung am Himmel durch das Gesichtsfeld des Okulars bewegen, und Sie haben die Richtungen nach kurzer Zeit gefunden: Sterne gehen stets im Himmelsosten auf und im Himmelswesten unter. Vorsicht – wenn Sie dies bei einer Go-to-Montierung machen, könnte sich die Justierung des Teleskops ändern.

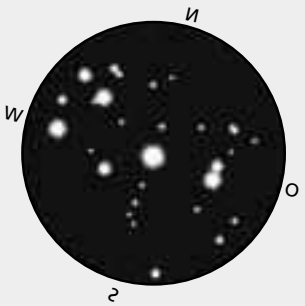
Nun, da Sie wissen, wie man sich am Himmel orientiert, sind Sie Herr über die Wunderwelt, die nur durch das Okular eines Teleskops gesehen werden kann. Drehen Sie Ihre Karte so, dass sie zu Ihrem Blickfeld passt, und los geht's: Sie können dieses Zauberland nach Herzenslust bereisen – wohin auch immer Ihre Fantasie Sie trägt. <<



Blick durch Spiegelteleskop: Objekt ist gedreht



Plejaden, Sternkartenansicht



Blick durch Refraktor: Objekt ist seitenverkehrt

NIGHT SKY

Die Sicht durch Ihr Teleskop entspricht wahrscheinlich nicht dem, was Ihre Sternkarte darstellt. Die Himmelsobjekte werden gedreht, seitenverkehrt oder um die Waagerechte gekippt erscheinen – je nachdem welchen Fernrohrtyp Sie benutzen.

Tony Flanders weiß nach langen Beobachtungsnächten beim besten Willen nicht mehr, wo – verglichen mit außerhalb – innerhalb seines Teleskops oben oder unten beziehungsweise links oder rechts ist.

Astrofotografie ohne astronomische Kosten

Sie wollen beeindruckende Himmelsaufnahmen machen? Vielleicht haben Sie die dafür nötige Ausrüstung schon beisammen – und wissen es noch gar nicht. **>> Alan Dyer**

Vergessen Sie einmal die schicken, teuren Fernrohre und computergesteuerten Teleskopantriebe. Um brillante Astroaufnahmen zu machen, brauchen Sie lediglich eine Kamera, ein Stativ und ein bisschen Experimentierfreude. Wagen Sie den Schritt in die Nacht, um den Himmel abzulichten; es wird Sie zwar Zeit und Schlaf, aber kaum Geld kosten. Die Bilder, die Sie dabei einfangen, sorgen garantiert für Erstaunen – sowohl bei Ihren Freunden und Ihrer Familie als natürlich auch bei Ihnen selbst.

Was können Sie aufnehmen?

Astrofotografie war noch nie so einfach wie heute. Mit modernen, hochempfindlichen Filmen und Digitalkameras lassen sich Sterne fotografieren, die man mit dem bloßen Auge nicht sehen kann. Sogar das schwach glimmende Band der Milchstraße lässt sich fotografisch festhalten. Ob Sie Ihren eigenen Atlas der Sternbilder erstellen oder spannende Nachtszenen knipsen: Sie brauchen nicht mehr als eine normale Kamera auf einem Stativ.

Eine sternklare, wolkenlose Nacht und ein Plätzchen fernab beleuchteter Ortschaften sind für Himmelsaufnahmen wünschenswert, aber nicht unbedingt Voraussetzung. Helles Mondlicht oder leuchtende Straßenlaternen können Sie sich zu Nutze machen, um künstlerisch wirkende Bilder einzufangen, bei denen Sie »mit dem Licht malen«. Sie können das Licht auch selbst mit einem Blitzgerät oder einem in die Kamera eingebauten Blitzlicht erzeugen. Städtepanoramen, über denen der Mond oder helle Planeten am Himmel stehen, haben ihren eigenen Reiz und geben prächtige Motive ab.

Diese zweistündige Belichtung eines Iso-100-Diafilms macht aus Sternen konzentrische Kreise. Eine Blendeneinstellung von f/5.6 verhinderte die Überbelichtung der Aufnahme.

Mit einer Kamera auf dem Stativ können Sie große Himmelsareale abbilden. Die Ergebnisse entsprechen weit gehend dem Anblick mit bloßem Auge. Kleinere Gesichtsfelder erzeugen Sie mit einem Teleobjektiv oder Telezoom – beispielsweise, um formatfüllende Aufnahmen

ALLE FOTOS (SOFERN NICHT ANDERS ANGEGEBEN): ALAN DYER, NIGHT SKY

Heutige Digitalkameras haben eine erstaunliche Leistungsfähigkeit. Eine Canon Eos Digital Rebel mit 20-Millimeter-Linse lieferte diese Milchstraßenaufnahme bei Iso 800, f/4 und 70 Sekunden Belichtungszeit.

von Konjunktionen des Monds mit Planeten zu gewinnen. Aber schrauben Sie Ihre Erwartungen nicht zu hoch: Die Leistungsfähigkeit Ihrer Objektive ist begrenzt und für bildfüllende Aufnahmen vom Erdtrabanten werden sie vermutlich nicht ausreichen – für solche Vergrößerungen braucht man ein Teleskop.

Dennoch gibt es reichlich geeignete Fotomotive. Der Schlüssel für erfolgreiche Astroaufnahmen liegt darin, einen Blick für besondere Gelegenheiten zu entwickeln. Viele dieser Gelegenheiten lassen sich vorhersagen. In ASTRONOMIE HEUTE werden spezielle Himmelsereignisse wie Finsternisse, Sternschnuppenschauer, helle Kometen oder Planetenkonstellationen rechtzeitig angekündigt (siehe unter der Rubrik »Planetarium« und unter www.astronomie-heute.de). Aber die besten Fotos entstehen nicht selten deshalb, weil der Fotograf einfach zufällig zur richtigen Zeit am richtigen Ort ist – zum Beispiel, wenn ein farbenprächtiger Sonnenuntergang stattfindet oder ein Polarlicht wabert.

Um Astrofotografie zu betreiben, benötigen Sie eine Kamera, die Belichtungszeiten von mindestens 15 bis 60 Sekunden erlaubt. Noch besser ist es, wenn das Gerät über die Funktion »bulb« für beliebig lange Belichtungszeiten verfügt. Es kann eine klassische Kamera mit Diafilm oder auch eine moderne Digitalkamera sein. Einfachen Kompaktkameras jedoch fehlt oft die Möglichkeit zur Langzeitbelichtung oder eine manuelle Korrekturmöglichkeit für die Belichtungsautomatik.

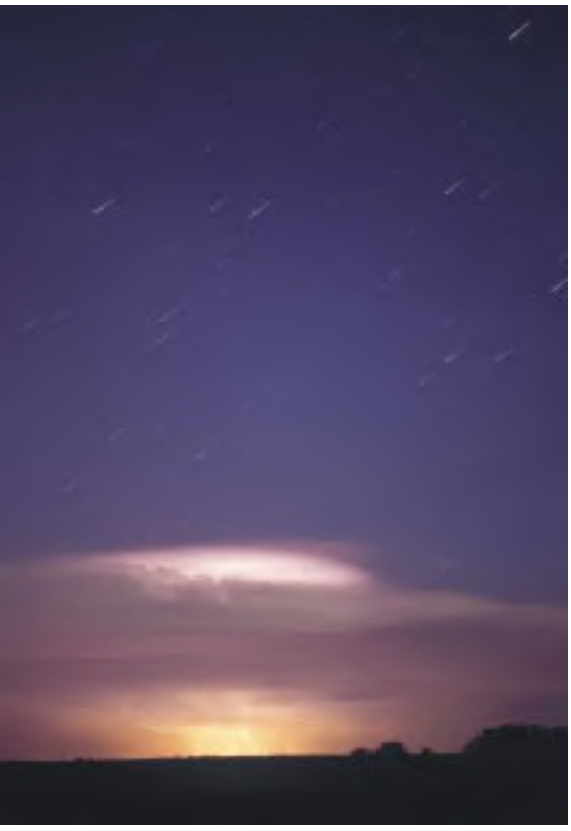
Gut gerüstet

Der beste Apparat für Astrofotografie mit Film ist die Kleinbild-Spiegelreflexkamera (auch SLR genannt, für »Single Lens Reflex«), wo man beim Blick in den Sucher durch die Aufnahmeoptik schaut. Wenn Sie noch eine solche, mittlerweile altmodische Kamera besitzen, dann bietet sich jetzt eine gute Gelegenheit, sie vom Dachboden zu holen und zu entstauben. Sie könnte ideal für Nachtaufnahmen geeignet sein, denn die Belichtungsautomatik und der Autofokus der modernen Modelle ist hierfür ohnehin überflüssig.

Falls Sie sich erst noch eine Kamera anschaffen müssen, sich dabei aber nicht in Unkosten stürzen wollen, dann durchforsten Sie am besten die Gebrauchtangebote der Fotohändler oder entsprechende Offerten im Internet. Kameras aus zweiter Hand kosten oft nur fünfzig Euro oder weniger, weil viele Fotofreunde derzeit auf digitale Systeme umsteigen. Klassische Modelle wie die Minolta SRT-101, Nikon F2 und Olympus OM-1 sind in der Astronomie sehr gut verwendbar, denn sie haben einen mechanischen Verschluss, der auch bei Langzeitbelichtungen keinen Batteriestrom benötigt.

Natürlich hat es Vorteile, digital zu arbeiten. Bei Nachtaufnahmen lässt sich die richtige Belichtungszeit oft nur grob abschätzen. Da ist es nützlich, wenn man – wie bei digitalen Kameras möglich – die Aufnahme unmittelbar nach dem Fotografieren auf einem kleinen Display betrachten und beurteilen kann. Ebenfalls ausgesprochen praktisch: Die Bilder werden auf einer wieder beschreibbaren Speicherkarte abgelegt. Ist ein Bild misslungen, können Sie es sofort löschen und einen neuen Versuch starten.

Genau wie die Schnappschusskameras mit Film sind auch die preiswertesten Digitalmodelle nicht für den Astroeinsatz geeignet, denn sie erlauben keine Lang- >



Schnappschüsse Aufgehende Sterne über Gewitterwolke (links; Iso-200-Diafilm, zwei Minuten Belichung bei Blende f/2.8, zwei weitere bei f/5.6). Polarlichter, aufgenommen mit einer Canon Eos Digital Rebel (ganz oben; 25 Sekunden Belichtung, Blende f/2). Der Vollmond durch ein 200-Millimeter-Fotoobjektiv (oben)

> zeitbelichtungen. Fünf-bis-Acht-Megapixel-Kameras kosten zwar etwas mehr, aber die meisten von ihnen können Langzeitbelichtungen durchführen und sind daher für Nachtaufnahmen problemlos einsetzbar. Die besten Ergebnisse erzielen Sie mit jenen Modellen, bei denen eine Elektronik zur Rauschunterdrückung eingebaut ist. Diese reduziert das bei langen Belichtungszeiten unvermeidliche elektronische Bildrauschen spürbar.

Wenn Sie einen etwas größeren Geldbetrag investieren möchten, greifen Sie am besten zu einer digitalen Spiegelreflexkamera. Bei solchen Geräten lässt sich das Objektiv austauschen (genauso wie bei den SLR-Kameras mit Diafilm). Einige Modelle werden schon für unter tausend Euro angeboten und produzieren Astrofotos, die denen herkömmlicher Diafilm-Kameras in nichts nachstehen, ja diese sogar übertreffen.

Schritt für Schritt zu guten Fotos

Vorbereitung zu Hause

Lernen Sie Ihre Kamera kennen! Üben Sie, wie Sie die Belichtungszeit, die Blende, die Iso-Empfindlichkeit und den Fokus manuell einstellen können.

Wenn Sie mit Diafilm arbeiten, legen Sie probehalber einen ein, um sicherzugehen, dass er korrekt weitertransportiert wird. Machen Sie die erste Aufnahme bei Tageslicht, um einen Anhaltspunkt zu bekommen, wo der Film nach der Entwicklung geschnitten werden kann.

Stellen Sie Ihre Ausrüstung zusammen: Stativ, Drahtauslöser, Taschenlampe mit Rotlicht (um bei Dunkelheit die Kameraeinstellungen zu verändern), Ersatzbatterien für Ihre Digitalkamera sowie einen Notizblock oder ein Diktiergerät, um die Aufnahmedaten festzuhalten.

Während des Fotografierens

Prüfen Sie, ob alle Klemmschrauben Ihres Stativs angezogen sind und ob das Stativ fest steht. Stellen Sie die Schärfe und die Belichtungswerte entsprechend dem aufzunehmenden Motiv manuell ein. Mit Digitalkameras können Sie ein paar Testaufnahmen machen, um zu prüfen, ob der Bildausschnitt Ihren Wünschen entspricht.

Ich vermute, Sie werden erstaunt sein, was Sie mit einer Kamera zu Stande bringen können, die sonst oft nur für Schnappschüsse von Feierlichkeiten und Familienurlauben verwendet wird. Nicht die Kamera zählt, sondern Ihre Kreativität.

Ihre Ausrüstung für Astrofotografie sollte aber noch andere Dinge enthalten. Vor allem benötigen Sie ein Stativ. Hier gilt: Je stabiler, desto besser, denn die Kamera muss für Sekunden, Minuten oder Stunden felsenfest stehen. Ein schwächliches Taschenministativ kann dieser Aufgabe nicht gerecht werden. Außerdem müssen Sie eine Möglichkeit finden, wie Sie den Auslöser betätigen, ohne dabei die Kamera zu berühren und zum Wackeln zu bringen. Kameras mit Film lassen sich mit einem gewöhnlichen mechanischen Drahtauslöser bedienen. Digitalkameras hingegen erfordern einen elektronischen Fernauslöser, speziell passend zum jeweiligen Gerät. Alternativ können Sie auch mit dem Selbstauslöser arbeiten.

Viele nächtliche Motive sind sehr dunkel und werden von dem eingebauten

EDWIN AGUIRRE UND IMELDA JOSON

Das Blitzlicht wurde beim linken Foto benutzt, um zu Beginn der vierminütigen Belichtung den Vordergrund aufzuhellen (Iso 100, f/2.8). Das rechte Foto zeigt Mond und Venus (Iso-400-Diafilm, Blende f/4, vier Sekunden Belichtungszeit).

automatischen Belichtungsmesser der Kamera nicht erkannt. Daher ist es notwendig, in den manuellen Modus (»M«) zu wechseln, in dem man Belichtungszeit, Blende und Empfindlichkeit (Iso) per Hand einstellen kann. Um die beste Kombination zu finden, sollten Sie einige Grundlagen der Fotografie kennen.

Das Abc des Knipsens

Der Verschluss regelt über die Belichtungszeit, wie viel Licht auf den Film oder Chip auftrifft. Eine Verdopplung der Belichtungszeit (etwa von einer halben auf eine Sekunde) verzweifacht auch die aufgezeichnete Lichtmenge. Das klingt trivial, aber es gibt noch eine zweite Möglichkeit, die Lichtmenge zu kontrollieren.

Fotoobjektive enthalten Irisblenden, die sich öffnen und schließen lassen, sodass mehr oder weniger Licht hindurchtritt. Die Blendenöffnung wird meist als »Öffnungsverhältnis« oder »f/Nummer« angegeben – eine Zahl, die sich ergibt, wenn man die Brennweite durch die aktuelle Öffnung der Blende teilt.

Das Öffnungsverhältnis stuft sich in eine standardisierte Skala: f/2, f/2.8, f/4, f/5.6, f/8, f/11 und so weiter. Je größer die Zahl hinter dem Schrägstrich ist – je größer also die Zahl, durch die f geteilt wird – desto kleiner ist die Öffnung der Blende und desto weniger Licht wird bei einer bestimmten Belichtungszeit durchgelassen. Jeder Schritt auf der Skala verdoppelt beziehungsweise halbiert die durchgelassene Lichtmenge. Die Einstellung f/2 lässt doppelt so viel Licht durch wie f/2.8, die Einstellung f/2.8 lässt doppelt so viel Licht durch wie f/4 und so weiter.

Eine Verdoppelung der von der Blende durchgelassenen Lichtmenge ist gleichbedeutend mit einer Verdoppelung der Belichtungszeit. Ein Beispiel: Eine Aufnahme mit einer Sekunde Belichtungszeit und Blende f/2 entspricht exakt einer anderen Aufnahme mit zwei Sekunden Belichtungszeit bei Blende f/2.8, einer weiteren mit 4 Sekunden Belichtung bei Blende f/4 oder einer solchen mit 8 Sekunden Belichtungszeit bei Blende f/5.6.

Man kann die Belichtung zusätzlich kontrollieren, indem man die Empfindlichkeit des Aufnahmemediums verändert. Bei Filmen wird die »Geschwindigkeit« in Iso angegeben: Filme mit Iso 50 sind »langsam«, also relativ unempfindlich, und benötigen für die Aufzeichnung einer bestimmten Lichtmenge eine längere Belichtungszeit als »schnelle« Filme mit Iso 400. Jede Verdoppelung der Iso-Zahl verzweifacht auch die Empfindlichkeit. Beispielsweise zeichnet ein Iso-200-Film bei einer Sekunde Belichtungszeit die gleiche Lichtmenge auf wie ein Iso-100-Film bei einer zweisekündigen Belichtung. Das Iso-System hat sich in der Fachsprache der Fotografen etabliert, sodass es auch für die Digitalkameras übernommen wurde: Eine Verdoppelung der Iso-Einstellung verdoppelt die Empfindlichkeit des Aufnahmechips. (Anmerkung der Redaktion: Eigentlich setzt sich der Iso-Wert aus zwei Werten zusammen, dem Asa- und dem Din-Wert. Aus praktischen Gründen nennen wir hier unter »Iso« aber nur den Asa-Wert.)

Jetzt kommt der Punkt, an dem Sie sich entscheiden müssen. Große Iso-Werte erlauben kurze Verschlusszeiten – normalerweise eine gute Sache. Allerdings wird dabei das Bild körniger beziehungsweise das Bildrauschen nimmt zu. Größere Blendenöffnungen ermöglichen zwar die Wahl kürzerer Belichtungszeiten, führen aber häufig zu deformierten Sternen in den Bildecken, weil die optischen Fehler einer >

Iso, Blende und Belichtungszeit haben große Auswirkungen, wie diese Aufnahmen des Großen Wagens erkennen lassen. Die Bilder wurden mit folgenden Einstellungen aufgenommen: Iso 100, f/2.8, 5 Minuten (a), Iso 800, f/2.8, 30 Sekunden (b) und Iso 800, f/2, 15 Sekunden (c)

> Linse mit größer werdender Blendenöffnung immer deutlicher zu Tage treten.

Auch beim Scharfstellen sollten Sie sich nicht auf die Automatik der Kamera verlassen. Vertrauen Sie nicht dem Autofokus der Kamera, wenn Sie einen weit gehend blanken Himmel zum Motiv nehmen. Stellen Sie stattdessen den Fokus manuell auf »unendlich« (das Symbol »∞«).

Die richtige Kombination der Einstellungen zu finden, erfordert einige Überlegungen und auch Erfahrung, führt aber zu überzeugenden Resultaten. Besonders befriedigend daran ist, dass Sie selbst die richtige kreative Entscheidung getroffen haben und nicht Ihre Kamera.

Schnelle Schüsse

Ein guter Zeitpunkt für Astroaufnahmen ist die Abend- oder Morgendämmerung, besonders wenn die Mondsichel zusammen mit hellen Planeten am Himmel steht. Verwenden Sie dann einen feinkörnigen Iso-100- oder Iso-200-Film (oder stellen Sie Ihre Digitalkamera auf einen dieser Werte), ein Öffnungsverhältnis von f/2.8 und Belichtungszeiten von zwei bis dreißig Sekunden. Wenn der Belichtungsmesser noch etwas anzeigt, betrachten Sie diese Messung nur als Richtwert. Sie sollten eine Serie von Bildern mit kürzeren und längeren Belichtungszeiten aufnehmen. Bei manchen Kameras ist eine solche Bildserienfunktion unter dem Begriff »Bracketing« eingebaut. Meiner Erfahrung nach ergeben sich die besten Bilder, wenn man während der Dämmerung bei dunklem Himmel so lange belichtet, bis auf der Aufnahme die hellsten Sterne sichtbar werden.

Greifen Sie sofort zur Kamera, wenn ein Polarlicht erscheint! Sobald Sie es sehen, können Sie es auch fotografieren. Versuchen Sie es mit einer schnellen Iso-400-Einstellung und belichten Sie zehn bis vierzig Sekunden bei Blende f/2 bis f/2.8. Kürzere Belichtungen frieren die Bewegungen der Polarlichterscheinung ein, aber mit längeren werden die subtilen grünen und roten Farbschattierungen besser dargestellt.

Ähnliche Einstellungen eignen sich auch für Gesamtaufnahmen von Sternbildern oder für den Überflug eines hellen Satelliten wie der Internationalen Raumstation ISS. Bei Iso 400 erscheinen auf den meisten Filmen und den Aufnahmen der besseren Digitalkameras alle Sterne, die man mit bloßem Auge sehen kann. Bei Iso 800 oder Iso 1600 werden sogar noch schwächere Sterne sichtbar, jedoch mit gröberem Filmkorn beziehungsweise stärkerem Bildrauschen.

Tipps für die Kamera auf dem Stativ

Wenn Sie den Vordergrund mit einem Blitzlicht ausleuchten, können Sie die richtige Dosis finden, indem Sie die Leistung des Blitzgeräts drosseln oder erhöhen. Die Verwendung von Farbfiltern verleiht Ihren Bildern einen künstlerischen Touch. Für Fotos mit einem ausgeprägten Vordergrundmotiv nehmen Sie am besten eine kleine Blendenöffnung, um die Tiefenschärfe zu erhöhen – so werden sowohl der Himmel als auch das Vordergrundmotiv scharf abgebildet.

Wenn Sie in der Dämmerung oder bei Mondlicht fotografieren, wirken sich künstliche Lichtverschmutzungen nicht so stark aus, weil das Himmelslicht natürliche Farben ohne Stich erzeugt. Um bei Sternspuraufnahmen eine Überbelichtung zu vermeiden, blenden Sie Ihr Objektiv ab (f/5.6 oder kleiner) oder/und stellen Sie einen niedrigen Iso-Wert ein. Wenn Sie verhindern möchten, dass Sterne zu Strichen werden, belichten Sie nicht länger als eine halbe Minute und verwenden Sie große Blendenöffnungen und hohe Iso-Werte.

Verzichten Sie bei Digitalkameras auf den »Digitalzoom«. Dieser Modus bläht ein Bild elektronisch auf und führt zu unscharfen Aufnahmen mit großen Pixeln.

Das Sternbild Orion, hier auf einen Iso-50-Diafilm gebannt. Nach einer 15-Minuten-Belichtung bei f/5.6 wurde das Objektiv eine Minute abgedeckt, dann folgten weitere 30 Sekunden Belichtung bei Blende f/2.8.

Um wirklich einzigartige Aufnahmen zu erzielen, warten Sie am besten auf eine klare Nacht mit vollem oder fast vollem Mond. Suchen Sie sich ein schönes Landschaftsmotiv, das von ihm beleuchtet wird. Fotografieren Sie mit dem Mond im Rücken und belichten Sie etwa dreißig Sekunden bei Iso 400 und f/2.8. Als Ergebnis erhalten Sie ein Bild, das aussieht, als wäre es bei Tag entstanden – nur dass der blaue, mondhelle Himmel voller Sterne ist.

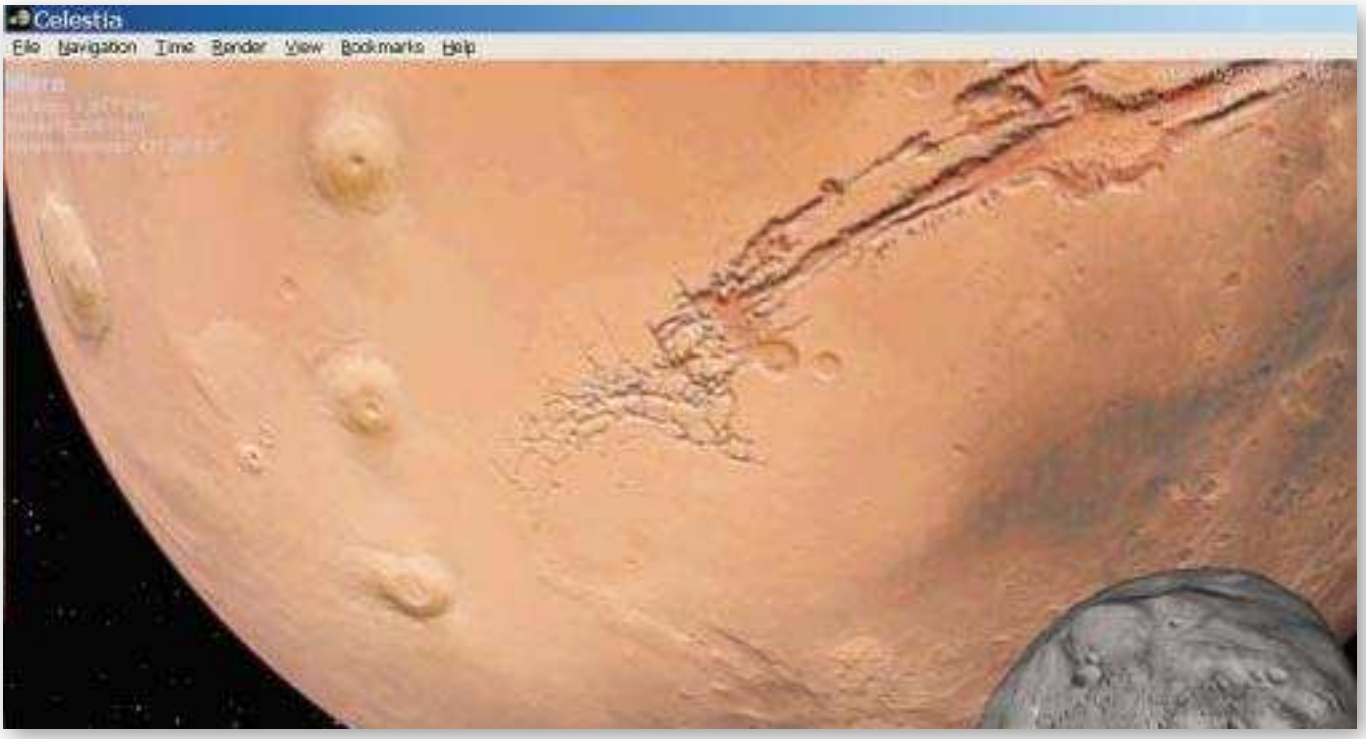
Sternspuren aufnehmen

Kurze Belichtungszeiten (weniger als dreißig Sekunden) zeigen ein Motiv etwa so, wie Sie es auch mit unbewaffnetem Auge wahrnehmen. Bei längeren Belichtungszeiten können Sie die Erdrotation nutzen, um einige nette Effekte zu erzielen – zum Beispiel farbige Strichspuren von Sternen. Strichspuraufnahmen schienen eine unangefochtene Domäne für Kameras mit Film zu sein, aber heutige digitale Spiegelreflexkameras sind technisch so ausgereift, dass sie beachtliche fünf bis dreißig Minuten Belichtungszeit ermöglichen, ohne Probleme mit elektronischem Bildrauschen zu bekommen. Stellen Sie Ihre Blende auf f/4 oder f/5.6, wählen Sie Iso 100 und öffnen Sie den Verschluss für fünf Minuten oder auch länger bis hin zu mehreren Stunden. Wie lange Sie maximal belichten können, hängt davon ab, wie dunkel der Nachthimmel und – im Falle einer Digitalkamera – wie stark ausgeprägt das Bildrauschen ist.

Ein pechschwarzer Himmel ist keine notwendige Voraussetzung für dramatisch wirkende Strichspuraufnahmen. Das Licht einer Mondsichel kann die Landschaft sogar in ein hübsches Licht tauchen, ohne den Himmel allzu sehr aufzuhellen. Experimentieren Sie auch ruhig mit eigenen Lichtquellen. Mit einer Taschenlampe oder einem Blitzlicht können Sie während der Langzeitbelichtung den Vordergrund regelrecht anmalen. Die bei Digitalkameras gegebene Möglichkeit, die Fotos sofort nach der Aufnahme zu kontrollieren, erleichtert es Ihnen, Ihre Kunstfertigkeit beim Fotografieren zu verbessern.

Scheuen Sie sich nicht, Ihre Ergebnisse einem breiten Publikum zu präsentieren. Kreative Nachtaufnahmen, die mit Kamera und Stativ gemacht wurden, sprechen einen großen Interessentenkreis an. Wer weiß, vielleicht ist Ihr Bild schon in einer der nächsten Ausgaben von ASTRONOMIE HEUTE. <<

Alan Dyer betreibt seit dreißig Jahren Astrofotografie und hat immer noch jede Menge Freude daran. Zusammen mit Terence Dickinson schrieb er das Buch »The Backyard Astronomer's Guide«, Firefly Books 2002.



Marsmission im Celestia-Paralleluniversum: links die Krater der vier Tharsis-Vulkane. Nach rechts oben ziehen sich die Canyons der Valles Marineris, rechts unten der »Kartoffelmond« Phobos.

Celestia: Gratisticket zu den Planeten

Wer vom Heim-PC aus durch Galaxien reisen möchte, kann sich eine kostenlose Simulationssoftware herunterladen.

>> Thorsten Dambeck

Echte Astronauten werden frühestens in zehn Jahren erneut zum Mond aufbrechen; bis zu einem bemannten Marstrip wird mindestens die doppelte Wartezeit fällig. Und auch diesen Plänen der Nasa dürften in Zukunft noch etliche Stolpersteine im Weg liegen. Während also die Enthusiasten voller Ungeduld das mangelnde Tempo bei der Eroberung des Alls beklagen, haben andere bereits zur Selbsthilfe gegriffen. Sie simulieren Weltraumreisen auf dem eigenen PC. Bequem und risikolos begeben sie sich schon heute auf Sightseeingtour ins Sonnensystem – und darüber hinaus.

Das weltweit mehr als zwei Millionen Mal auf heimische Festplatten gebannte Celestia ist ein Beispiel für ein gelungenes »Open-Source-Projekt«. Ursprünglich wurde der 3-D-Weltraumsimulator von Chris Laurel aus Seattle, USA, geschrieben. Der Quelltext ist jedoch frei zugänglich. Erfahrene C-Programmierer der Celestia-Nutzergemeinde können also die Software nach ihrem Gusto weiterentwickeln. Seit dem vergangenen Sommer liegt nun sowohl die neue Programmversion 1.3.2 als auch eine deutschsprachige Menüführung vor. Hinzu kommt ein deutsches Handbuch, das – wie die übersetzte Programmversion – der Amateurastronom Ulrich Dickmann beigesteuert hat. Eine Menge Komfort zu einem unschlagbaren Preis: Celestia ist gratis – Ehrensache für Open-Source-Software.

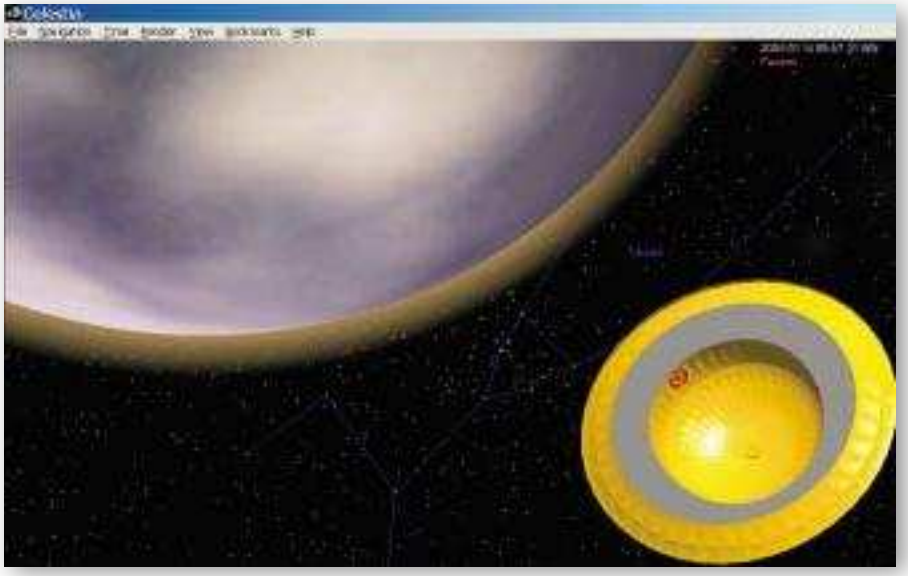
Die Simulationssoftware ist nicht als bloßer Zeitvertreib für Sternfreunde ge-

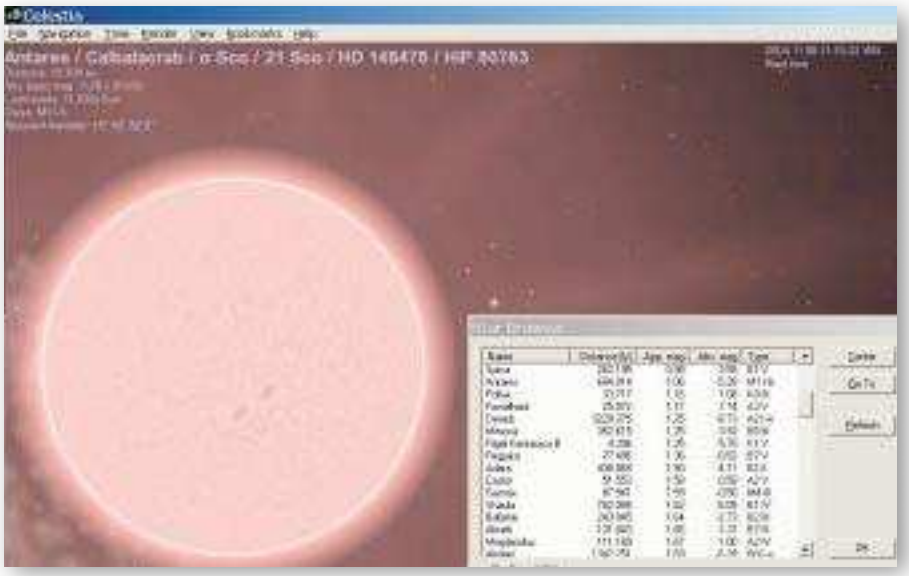
Technische Informationen

Das Programm läuft unter gängigen Windows-Versionen, unter Linux und Mac OS X. Zur Darstellung der 3-D-Grafiken verwendet Celestia OpenGL API. Die besten Grafikchipsätze vertreibt Nvidia; sie heißen GeForce, Riva und Quadro (Grafikspeicher mind. 32 MB, für höhere Auflösungen 64 MB oder 128 MB). Eine 3-D-Video-Beschleunigerkarte verbessert die Simulation weiter. Das Basisprogramm braucht 128 MB Hauptspeicher, für maximale Ausnutzung 256 MB. Ideal sind 512 MB. Downloads und weitere Infos im Internet:

Deutsche Celestia-Website von Ulrich Dickmann: www.celestia.de.vu, Chris Laurels internationale Website: www.shatters.net/celestia/ <<

Kosmische Kreuzfahrten Die Sonde Huygens im Anflug auf den Saturnmond Titan; unten der 600 Lichtjahre entfernte Riesenstern Antares in Porträtdistanz – Celestia macht's möglich.





dacht, denn das virtuelle Reiseprogramm, das weit über die Welten unserer Planeten, Monde und Asteroiden hinausreicht, ist so überzeugend, dass es auch zur Einführung in die Astronomie verwendet werden kann. Man fühlt sich fast in eine Planetariumsvorführung versetzt, wenn nach dem Download und der Programminstallation der Himmelssimulator zur vorbereiteten Demotour startet.

Etwa 13000 Kilometer über der Erdoberfläche beginnt die Reise, mit einem atemberaubenden Blick auf unseren Planeten. Von dieser Warte aus durfte bislang nur ein Dutzend Mondfahrer den Anblick auf die Schönheit unserer Welt genießen und selbst erfahrene Astronauten kehrten tief beeindruckt zurück. Doch auch im Celestia-Universum warten die wahren Wunder tiefer im All.

Flugrouten selbst planen

Das Ziel der Apolloflüge kommt als Nächstes in Sicht. »Next Stop: The Moon«, kündigt Celestia den Erdtrabanten an; der Transfer dauert nur wenige Sekunden. Das Team der Mondsonde Smart-1 brauchte während der vergangenen 15-monatigen Flugzeit etwas mehr Geduld. Am lunaren Nullmeridian schwenken wir über Sinus Medii – die Bucht der Mitte – in einen Orbit. Nach dem eiligen Umlauf steuert uns das Programm vorbei an der von schwarzen Flecken bedeckten Sonne und verfrachtet uns in die Ringwelt des Saturnsystems. Hier folgt ein Schnellkurs in Sachen Sternbilder. Doch die Ferne lockt weiter: Wir nehmen Kurs auf Antares. Rund 600 Lichtjahre von der Erde entfernt werfen wir einen Blick auf den Roten Riesen und fliegen dann zu einer kurzen Spritztour in den intergalaktischen Raum – wie gesagt: Die Grenzen heutiger Raumfahrttechnik sind für den Celestia-Himmelsstürmer irrelevant.

Solche Touren in die Weite des Weltalls können ambitionierte Programmnutzer auch selbst komponieren: Indem diese die dafür notwendigen Skriptdateien bearbeiten, stellen sie völlig eigene Himmelsfahrten zusammen. Das deutschsprachige Handbuch, das die Programmbefehle erklärt und Beispiele aufführt, kann von Ulrich Dickmanns Celestia-Website (Link siehe Kasten) heruntergeladen werden. Dort und in den Celestia-Foren präsentieren Nutzer ihre eigenen Kreationen. Ein Skript für einen virtuellen Flug über die Marsoberfläche dürfte die Fans des Roten Planeten elektrisieren. Die detailreiche Oberfläche wird zusätzlich zum Skript bereitgestellt. Freuen Sie sich also schon heute auf einen Ausflug zu den marsianischen Vulkanprovinzen, den Weltraumtouristen wohl erst in ferner Zukunft buchen werden.

Getreu der Open-Source-Philosophie wird Celestia ständig weiterentwickelt. Die Nutzer folgen dabei ihren persönlichen Vorlieben. Ob hoch aufgelöste Modelle von planetaren Oberflächen, für die aktuelle Schnappschüsse laufender Sondenmissionen Pate standen, ob hypothetische Strukturen extrasolarer Welten oder Raumkapseln, Sonden und 3-D-Modelle von Sternkreuzern aus Sciencefictionfilmen: All das lässt sich mit einigem Stöbern im Internet finden. Die dort angebotenen zusätzlichen Programmdetails für Celestia – im Jargon werden sie Add-ons genannt – können leicht eine Sammelleidenschaft auslösen. »Es empfiehlt sich zuerst die Basisversion des Programms kennen zu lernen und danach schrittweise weitere Komponenten hinzuzufügen«, rät Ulrich Dickmann. Denn wer alle Zusatzfunktionen auf einen Schlag installiert, kann mit Celestia den Heimcomputer glatt in die Knie zwingen. <<

Thorsten Dambeck ist freier Wissenschaftsjournalist in Berlin.

Alexandra Coelho Ahndoril

Der Astronom des Königs

List-Verlag, Berlin 2004
208 Seiten
ISBN 3-548-60460-9
7,95 €

Herr der Sterne

Tycho Brahe (1546–1601) war einer der großen Astronomen seiner Zeit. Ganz ohne Fernrohr erstellte der Däne einen Fixsternkatalog und protokollierte die Bewegung von Planeten und Kometen. Außerdem beobachtete er die Supernova im Sterbild Kassiopeia, die er erstmals als neuen Stern bezeichnete – eine Entdeckung, die es im Weltbild des 16. Jahrhunderts eigentlich gar nicht geben durfte.

Doch Brahe war nicht nur ein begnadeter Wissenschaftler, sondern auch ein faszinierender Mensch. Und genau um diesen dreht sich »Der Astronom des Königs«. Alexandra Coelho Ahndoril beschreibt in ihrem Roman Brahes Leben auf der Insel Hven in den Jahren von 1583 bis zu seiner Abreise nach Prag im April 1597. Ihr Tycho ist ein eigenwilliger Kerl, ein leidenschaftlicher Astronom, der Tag für Tag voller Ungeduld auf die Nacht wartet, um endlich mit seinen Beobachtungen fortzufahren. Er ist besessen von der Idee, mit seinem Sternenkatalog den des Ptolemäus zu übertreffen, und baut mit Feuereifer ein unterirdisches Observatorium, das mit den modernsten Instrumenten ausgestattet ist.

Die Himmelsbeobachtung steht in Brahes Leben an erster Stelle und seine Umwelt hat Opfer zu bringen. So vernachlässigt er die Pflichten, die er gegenüber seinem König hat. Er beutet die Bauern von Hven aus, zwingt sie, für sein Observatorium zu arbeiten, und lässt manchen von ihnen seine Stimmungsschwankungen durch Arrest im Dunkelkeller spüren. Auch seine Familie leidet: Mit der Wissenschaft vermählt, weigert sich Tycho sogar, seine Lebensgefährtin Kirsten, die Mutter seiner Kinder, zu ehelichen und setzt sie damit der Schande aus. Brahe sieht sich als Wissenschaftler und Mann von adeliger Herkunft im Recht – er glaubt, sein Handeln entspräche der bestehenden Weltordnung. Und doch lernt man auch den anderen Tycho kennen. Einen Mann, der in stillen Stunden an sich und seinem Verhalten zweifelt, die herrschende Ordnung und seine Position darin in Frage stellt. Doch scheint er keinen Ausweg zu finden, sieht sich in seiner eigenen Rolle gefangen.

So muss er schließlich zusehen, wie alles, was er geschaffen hat und was ihm wichtig ist, unter seinen Händen zerrinnt. Der König von Dänemark, um den sich immer mehr von Tychos Feinden scharen, beschließt, dem unzuverlässigen Adligen sein Lehen zu entziehen. Brahe und seine Familie müssen die Insel Hven verlassen und ziehen nach Prag, wo Tycho wenige Jahre später stirbt – ohne sein Observatorium nochmals betreten zu haben.

Alexandra Coelho Ahndoril zeichnet ein eher ungewöhnliches Porträt eines großen Forschers. Sie zeigt in behutsamer Weise die Schattenseiten eines Lebens für die Wissenschaften auf und schildert die Zerrissenheit eines Mannes, der zwischen seinem Wissensdrang und seinen Gefühlen als Familienvater gefangen ist. »Der Astronom der Königs« bietet spannendes Lesevergnügen, das die Welt der historischen Astronomie einmal aus einem anderen Blickwinkel zeigt. Und vielleicht ist das Buch gerade deshalb ein schönes Geschenk für Ihre Lieben, die bestimmt auch manchmal hinter Ihrer Begeisterung für die Sterne zurückstecken müssen.

>> Stefanie Reinberger

Volker Witt

Astronomische Reiseziele für unterwegs
Sternwarten, Museen und Schauplätze der Astronomie

Elsevier – Spektrum Akademischer Verlag,
Heidelberg 2004, 406 Seiten
30,– €

Astro-Führer

Dieses Buch ist kein Reiseführer im klassischen Sinn, doch Sternfreunde finden darin viele nützliche Informationen für einen Abstecher zu einem Observatorium in der Nähe. In elf Kapiteln werden bekannte und weniger bekannte astronomische Besuchsziele vorgestellt. Sehr ausführlich sind Sternwarten in Deutschland, Österreich, Schweiz, Italien, Frankreich, Großbritannien, Irland, Spanien, den USA, Kanada und Chile beschrieben.

Aber auch die Sternwarten von Athen, Lissabon und Pulkowa kommen nicht zu kurz. Daneben findet der Leser Informationen über historische Observatorien und Museen, die sich mit Astronomie befassen.

Ein eigenes Kapitel behandelt bronzezeitliche Sternwarten, die natürlich keine optischen Instrumente besitzen, wie etwa Stonehenge, das Observatorium der Maya in Chichén Itzá oder das Jantar Mantar in Delhi. Im letzten Kapitel findet man Informationen über einige Meteoritenkrater: etwa das Nördlinger Ries in Süddeutschland oder den Barringer-Krater in Arizona.

Das Buch liefert eine Fülle an Informationen. Allerdings fallen die Beschreibungen recht unterschiedlich aus. Dennoch füllt dieses Buch eine wichtige Lücke und ist jedem Astronomiefreund, der gerne reist, zu empfehlen.

>> Hans Zekl

Jim Al-Khalili

Schwarze Löcher, Wurmlöcher und Zeitmaschinen

Deutsch von Heiner Must
Elsevier – Spektrum Akademischer Verlag
Heidelberg 2004, 334 Seiten
15,– €

Das Geheimnis der Zeit

Vor hundert Jahren veröffentlichte Albert Einstein seine Spezielle Relativitätstheorie. Damit schuf er die Grundlage für das moderne Bild des Kosmos, das er zehn Jahre später mit der Allgemeinen Relativitätstheorie vervollständigte. Eine der wichtigsten Neuerungen darin ist die Verknüpfung von Raum und Zeit. Vor Einstein war Zeit etwas Unabhängiges, das neben dem Raum existierte und gleichmäßig von der Vergangenheit über die Gegenwart in Richtung Zukunft floss. Der Paradigmenwechsel, den seine Theorien einleiteten, hatte weit reichende Konsequenzen. Noch heute – hundert Jahre danach – ist in der Öffentlichkeit vieles davon immer noch nicht verstanden, laufen viele Vorstellungen der Physiker den Alltagserfahrungen zuwider.

Jim Al-Khalili ist theoretischer Physiker sowie Wissenschaftspublizist und liefert populäre Beiträge für die BBC. Das Buch entstand aus einer Vorlesungsreihe für 14- bis 16-jährige Schüler in Großbritannien. Es gibt viele Bücher über das Phänomen Zeit; das bekannteste ist wohl Stephen Hawkings »Eine kurze Geschichte der Zeit«. Warum also noch eins? Die meisten populären Bücher erfordern einige Grundkenntnisse über das Thema. Al-Khalili dagegen wollte ein Buch schreiben, als ob Stephen Hawking einen Fantasy-Roman im Stil von Terry Pratchett verfasst hätte. Wie die Naturgesetze in Pratchetts Scheibenwelt grenzt auch manches in der modernen Physik an Zauberei: Zeit läuft langsamer oder kommt zum Stillstand. Wer mit einem Raumschiff durch das Weltall rast, unternimmt in gewissem Sinn eine Zeitreise. Das ist das große Thema dieses Buchs. Gründlich, mit guten Beispielen, aber ohne mathematischen Ballast werden in den beiden ersten Abschnitten die heutigen Vorstellungen über Raum und Zeit vorgestellt. Der Autor erklärt dabei, warum das Universum mindestens vier Dimensionen, aber wahrscheinlich doch zehn beziehungsweise elf besitzt.

Der dritte Abschnitt ist dem Bau einer Zeitmaschine gewidmet. Kann man dafür Schwarze Löcher, die es tatsächlich gibt – oder Wurmlöcher, die bisher nur in der Theorie existieren – verwenden? Ausführlich befasst sich Al-Khalili mit den verschiedenen Zeitparadoxa. Bauen die ersten beiden Kapitel noch auf gesicherten physikalischen Erkenntnissen auf, ist in diesem letzten vieles unklar und spekulativ. Dennoch ist es eine faszinierende Lektüre, welche die komplexen Zusammenhänge dem Leser in einem einfachen und zwanglosen Stil nahe bringt.

Ein gelungenes Buch, das so manche offene Frage klärt, die in anderen Büchern unbeantwortet bleibt. So findet der Leser hier zum Beispiel eine gute Darstellung des Zwillingsparadoxons. Auch wer schon mehr über die Relativitätstheorie und das Universum gelesen hat, wird einige neue Gesichtspunkte in diesem Buch finden. >> Hans Zekl

Alle rezensierten Bücher können Sie bei wissenschaft-online.de bestellen

Internet: www.science-shop.de
per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841
per Fax: 06221 9126-869

ANZEIGE

TV-PROGRAMM

Donnerstag, 10. Februar

Alpha-Lexikon
Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik
Galileo Galilei – Die Erforschung der Milchstraße
Bayern alpha, 17.15 Uhr,
Wdh. am 13.2. um 9.45 Uhr

Forum Natur
Sonnensturm – Bombardement aus dem All
Larry Webster studiert die Sonne seit mehr als 20 Jahren. Im Mt. Wilson Solar Observatorium in Los Angeles versucht er mit Hilfe eines 50 Meter hohen Solarturms, ihrem Geheimnis auf die Spur zu kommen. Besonders interessieren ihn die Sonnenflecken
ZDF Doku, 11.00 Uhr,
Wdh. um 19.00 Uhr sowie am 11.2. um 3.00, 5.45, 13.45 und 21.45 Uhr

ZDF / M. MARTIN

Samstag, 12. Februar

Doku: Spaziergang im All
Dass Astronauten sich zur Durchführung von Reparaturen oder Experimenten im freien Weltraum aufhalten können, ist eine der wichtigsten Errungenschaften der Raumfahrt. Die Geschichte der Weltraumspaziergänge – von ihren Anfängen in den 1960er Jahren bis heute
N24, 21.45 Uhr

Sonntag, 13. Februar

Sternzeit
Blast off – True stories from the final frontier (1)
Dokumentation, USA
Seit 1961 prägt die bemannte Raumfahrt unser Zeitalter. Auch heute noch begeben sich Astronauten in Lebensgefahr, wenn sie das All bereisen. Wissenschaftler arbeiten daran, Weltraumausflüge sicherer zu machen
Discovery Channel, 23.30 Uhr
Wdh. am 14.2. um 7.30 Uhr

Mittwoch, 16. Februar

SPIEGEL TV Extra
Zu den Sternen! – Raumfahrt made in Germany
Trägerraketen der Esa vom Typ Ariane haben bislang über 150 Satelliten erfolgreich im All ausgesetzt. Damit ist Arianespace mit einem Marktanteil von gut 50 Prozent die Nummer eins in dieser Branche. Doch immer mehr Unternehmen aus den USA, Russland, China und Japan machen der Vorzeigefirma Konkurrenz. In Bremen arbeiten derzeit Ingenieure aus zwölf europäischen Ländern daran, Ariane 5 weiterzuentwickeln. Mit einer neuen Oberstufe, einem Bauteil in der Raketenspitze, soll sie bis zu zehn Tonnen Nutzlast in den Weltraum transportieren können. Kann Ariane 5 der ausländischen Konkurrenz davonfliegen? Sollte die Mission scheitern, wäre das eine Katastrophe für die europäische Raumfahrtindustrie
XXP, 14.15 Uhr

Freitag, 18. Februar

Doku: Epochen der Luftfahrt – Auf der Schwelle zum Weltall
Im Kampf gegen die Sowjetunion um die Rückeroberung der Vorherrschaft im All wurde 1958 die Weltraumbehörde Nasa gegründet. Vier Jahre danach – am 17. Juli 1962 – avancierte Testpilot Bob White mit einer X15 zum ersten Astronauten Amerikas. Er flog als erster Mensch von der Erde aus ins All und wieder zurück
N24, 21.45 Uhr

ZDF / KLAUS WEDDIG

Donnerstag, 24. Februar

delta: Mehr Licht – Einsteins »hohes C«
Magazin mit Gert Scobel
Seine erste wissenschaftliche Publikation widmete Albert Einstein 1905 dem Licht. Mit dem Aufsatz »Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt« hat er, sozusagen nebenbei, die gesamte Lasertechnik begründet. Er führt den Begriff der Lichtquanten ein und beweist damit, dass Licht in seinen Eigenschaften sowohl Welle als auch Teilchen ist. 1921 war es dann auch dieser Beitrag zur Quantenphysik (und nicht zur Relativitätstheorie, wie viele glauben), der Einstein den Nobelpreis in Physik einbrachte
3sat, 21.00 Uhr

Freitag, 11. März

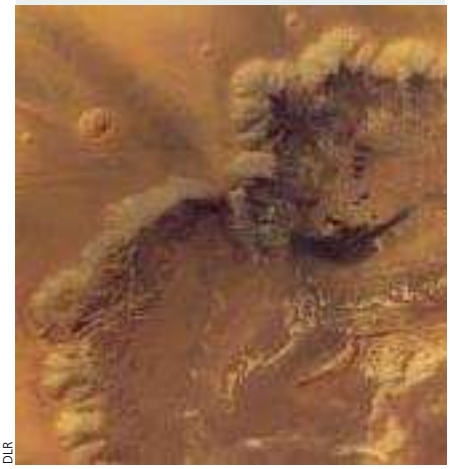
Alle Zeit der Welt (6/6)
Alles relativ …
Sciencefiction sprengt alle Grenzen. In der Realität ist auch die Zeit Naturgesetzen unterworfen
SWR, 8.30 Uhr

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

24.2.: Vortrag »Humboldts Universum« im Kulturhaus Schloss Großlaupheim, Kirchberg 11, 88471 Laupheim um 20 Uhr. Fünfundzwanzig Jahre arbeitete Alexander von Humboldt am umfassendsten Werk seines Lebens, dem »Kosmos«. Oliver Lubrich, Humboldt-Experte und Mitherausgeber einer neuen Buchedition, nimmt Sie in seinem Vortrag mit auf die packende Amerikareise des Naturforschers und stellt dessen faszinierende Einsichten über den Kosmos vor. Info und Kartenvorbestellung: Volkssternwarte Laupheim, Parkweg 44, D-88471 Laupheim, Tel.: 07392 91059,
E-Mail: contact@planetarium-laupheim.de,
Internet: www.planetarium-laupheim.de

17.3.: Kolloquium »Albert Einstein in Berlin«. Die Leibniz-Sozietät und die Archenhold-Sternwarte laden ein zu wissenschaftlichen Vorträgen über Albert Einsteins Bedeutung für Wissenschaft und Gesellschaft, insbesondere in seiner Berliner Zeit von 1913 bis 1933. Das ganztägige Kolloquium findet ab 10 Uhr in der Archenhold-Sternwarte in Berlin-Treptow statt. Info: Archenhold-Sternwarte, Tel.: 030 5348080,
E-Mail: info@astw.de, Internet: www.leibniz-sozietaet.de oder www.astw.de

März 2005: Fotoausstellung »Das neue Bild vom Nachbarn Mars«. Noch bis zum 1. April zeigt die Raumfahrtagentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Bonn-Oberkassel faszinierende Marsaufnahmen, eingebettet in eine Ausstellung über den Roten Planeten und seine Erforschung. Geschossen wurden die ersten hoch aufgelösten 3-D-Farbfotos der Marsoberfläche von der deutschen High Resolution Stereo Camera (HRSC) an Bord der Raumsonde Mars Express. Der Eintritt zur Ausstellung ist frei. Info: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Königswinterer Straße 522– 524, D-53227 Bonn-Oberkassel, Tel.: 0228 447-0,
Internet: www.dlr.de/mars-express



DLR

18.–20.3.: Frühjahrsseminar des Arbeitskreises Meteore e. V. im Physikzentrum Bad Honnef. Themen: Meteore, Halos, Polarlichter und andere atmosphärische Erscheinungen. Info und Anmeldung: Ina Rendtel, Mehlbeerenweg 5, D-14469 Potsdam, Tel.: 0331 520707,
E-Mail: ina.rendtel@meteoros.de,
Internet: www.meteoros.de

26.3.–3.4.: Astronomisches Abenteuercamp (AAC) in der Mühle Wissel bei Kalkar am Niederrhein für Teilnehmer im Alter von 16 bis 24 Jahren.
Info und Anmeldung: Volker Heesen, Tel.: 0234 3223448,
E-Mail: heesen@astro.ruhr-uni-bochum.de,
Internet: www.sternwarte-moers.de

31.3.–14.4.: Sonnenfinsternisreise nach Panama und Costa Rica. Am 8. April ist über Mittelamerika eine ringförmig-totale Sonnenfinsternis zu sehen. Auf dieser Reise können Astronomiebegeisterte das Naturschauspiel von dem kleinen panamesischen Dorf Pedregal aus beobachten, im Rahmen einer abwechslungsreichen Tour durch Panama und Costa Rica. Neben Ausflügen durch die faszinierende Landschaft aus Vulkanen, Wasserfällen und kleinen Bergdörfern werden Stadtrundfahrten, Museumsbesuche und eine Fahrt auf dem Panamakanal geboten. Info: Eckehard Schmidt, Brunhildstraße 1a, D-90461 Nürnberg, Tel.: 0911 4720978,
E-Mail: info@wissenschafts-reisen.de,
Internet: www.wissenschafts-reisen.de

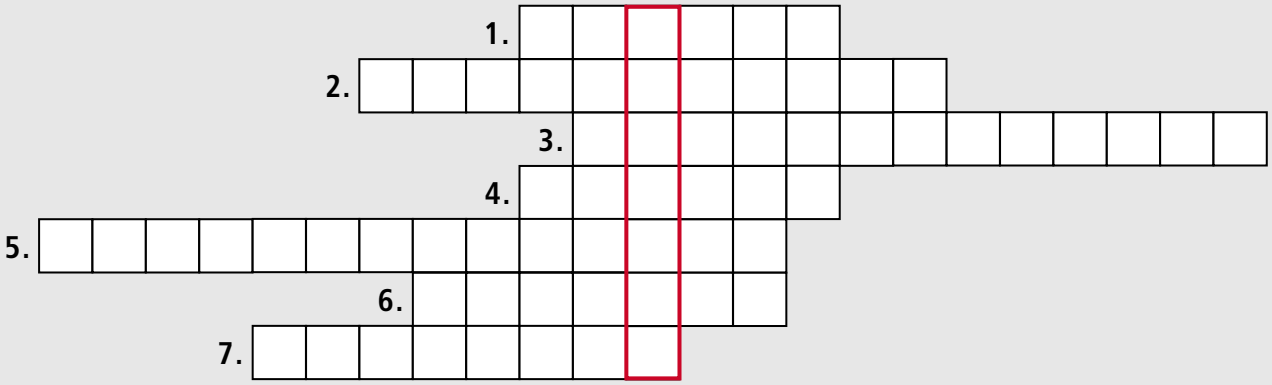
**Auch Ihre Termine können hier kostenlos stehen! Für die Aprilausgabe schicken Sie bis zum 15. Februar 2005 eine E-Mail an:
redaktion@astronomie-heute.de**

ANZEIGE

ANZEIGE

PREISRÄTSEL

Gewinnen Sie mit ASTRONOMIE HEUTE!



1. Gestein, das den Mondmaria ihre dunkle Tönung gibt
2. Fernrohrzubehör, das die Beobachtung von Objekten senkrecht über Ihnen erleichtert
3. Wellenlängenbereich, in dem Astronomen von hohen Bergen aus Wolken kalten Staubs beobachten können
4. Ein Kohlenwasserstoff, der auf Titan wohl in flüssiger Form vorkommt
5. Längstes Sternbild (deutscher Name)
6. Stadt in Sachsen auf genau 15 Grad östlicher Länge
7. Linie, entlang der die Sternbilder des Tierkreises liegen

Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 3/2005, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. **Einsendeschluss ist der 7.3.2005.** Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Auflösung und Gewinner stehen in der Mai-Ausgabe, im Handel ab dem 21. April 2005.

1. Preis: Metall-Gyroskop

»IronPower«, der gyroskopische Handtrainer. Wert: 89,– €. Flugzeuge, Satelliten und die ISS nutzen die Präzessionskraft schnell rotierender Kreisel um auf Kurs zu bleiben. Wie groß diese Kräfte sein können, erleben Sie mit dieser Powerkugel (www.iron-power.com)

2. Preis: BBC-Bildband »Der Weltraum – von Urknall, Schwarzen Löchern und fremden Welten«

von Bestsellerautor John Gribbin, 240 S., Großformat
Wert: 34,95 €

3. – 5. Preis: »Kosmos Himmelsführer«

Alle Sternbilder des Nord- und Südhimmels mit 130 Karten von Wil Tirion leicht bestimmen
Wert: 24,95 €

ANZEIGE

ANZEIGE

Lösung des Preisrätsels vom Dezember-Heft:

1.	E	X	O	–	N	E	P	T	U	N
2.			B	U	R	A	N			
3.			K	I	R	C	H	H	O	F	F
4.		P	R	I	S	M	A			
5.	D	U	N	K	E	L	B	I	L	D
6.			K	E	P	L	E	R		
7.		S	C	H	O	O	L	–	L	A	B

PARABEL: »ballistische Flugbahn«, auf der beispielsweise ein Flugzeug und seine Insassen schwerelos sind

Gewinner des Preisrätsels:

1. Thomas Schneider, Frankenberg (Bildband) 2. Hans Flehming, Eberswalde (SuW-Kalender) 3. Merle Lamprecht, Lübeck (»Unser Sonnensystem«) 4. Beate Rösch, Duisburg (Kosmos Himmelsjahr 2005) 5. Volker Bräunlinger, Villingen-Schwenningen (»HimmelsPraxis«)

Private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise für Kleinanzeigen:

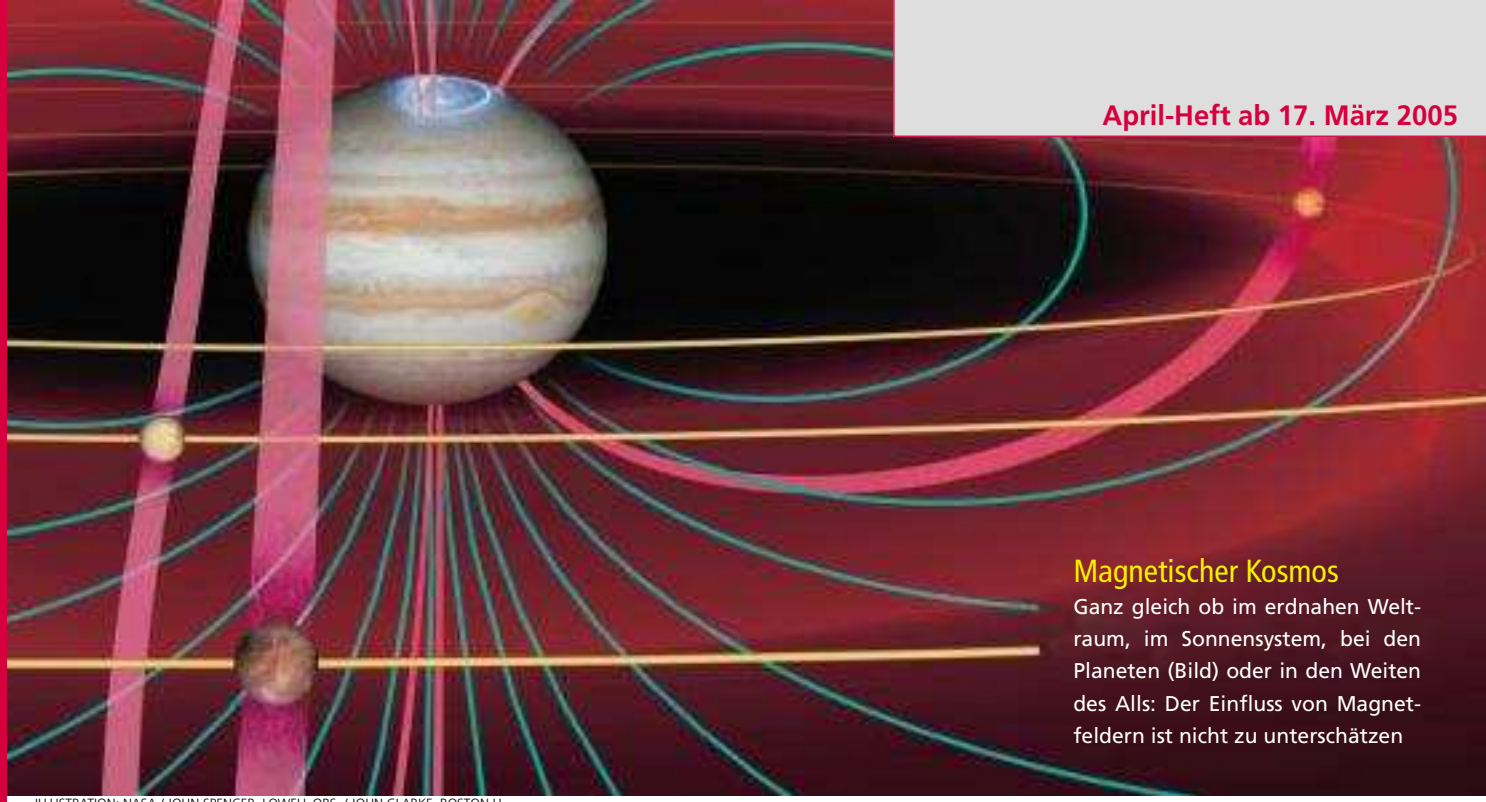
Anzahl Zeilen	privat	gewerblich
bis zu drei Zeilen	22,– €	32,– €
jede weitere Zeile	5,– €	5,50 €

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– €. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Abonnementrechnung oder dem Adressträgerblatt. Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer der jeweiligen Print-Ausgabe.

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an: Spektrum der Wissenschaft, Redaktion ASTRONOMIE HEUTE, Slevogtstr. 3–5, D-69126 Heidelberg, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de

Der Einsendeschluss ist sechs Wochen vor Erscheinen des Hefts.

VORSCHAU



Magnetischer Kosmos

Ganz gleich ob im erdnahen Weltraum, im Sonnensystem, bei den Planeten (Bild) oder in den Weiten des Alls: Der Einfluss von Magnetfeldern ist nicht zu unterschätzen

ILLUSTRATION: NASA / JOHN SPENCER, LOWELL OBS. / JOHN CLARKE, BOSTON U.

MIT FRDL. GEN. VON ELI MAOR

Bärige Beobachtungen

Der Großer und der Kleine Bär sind die idealen Ausgangspunkte für die Orientierung am Nachthimmel

AKIRA FUJII

NASA / USRA

Fliegender Zyklop

Sofia ist der Name des deutsch-amerikanischen Infrarotteleskops, für das eigens ein Jumbojet umgebaut wurde. Bestaunen Sie ihn in Stuttgart auf seinem Heimatflughafen

Sonnenfinsternis im April

Zeit für eine Reise zum Pazifik! Warum Astronomen seit Jahrhunderten diese seltenen Ereignisse studieren und ihnen kein Weg zu weit ist

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. habil. Reinhard Breuer (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker, Stephan Fichtner, Dr. Frank Schubert, Dr. Joachim Schüring
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove
Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker
Schlussredaktion: Christina Peiberg (kom. Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Redaktionsassistenz: Eva Kahlmann, Ursula Wessels
Redaktionsanschrift: Postfach 104840, D-69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-711, Fax: 06221 9126-729
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, Amtsgericht Heidelberg, HRB 2766
Mitarbeit in diesem Heft: Stephanie Hügler, Corinna Karow, Stephen Koszudowski, Dagny Lüdemann, Dr. Rainer Riemann, Margit Röser, Stefan Seip, Sven Titz
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: marketing@spektrum.com

Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck
Leser-Service: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: marketing@spektrum.com
Vertrieb und Abonnementverwaltung:
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o Zenit Pressevertrieb GmbH, Julius-Hölder-Straße 47, 70597 Stuttgart-Degerloch, Vertretungsberechtigter Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70). Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste Nr. 3 vom 1. November 2004.
Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2005 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728
www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope, Sky Publishing Corporation,
49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200, USA
President/Publisher: Susan B. Lit
Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.
Marketing Director: Marcy L. Dill

Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.